

Année 2011-2012

N°

THESE
pour le
DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

par

Charlotte GABORIAU

Présentée et soutenue publiquement le 17 Octobre 2011

Diététique en Voile :

Application à la nutrition des skippers

lors d'une course autour du monde en solitaire :

Le Vendée Globe

Président : M. Jean-Marie BARD, Professeur de Biochimie

Membres du jury : M. Christophe OLIVIER, Maître de Conférences de Toxicologie
M. Alain PINEAU, Professeur de toxicologie
M. Denis MILLET, Docteur en pharmacie

Lexique

⁽³⁾**CONDUCTION** : La conduction est la perte de chaleur par contact direct avec un objet plus froid. La perte de chaleur est plus grande si le corps est en contact direct avec de l'eau froide. Le corps peut perdre de 25 à 30 fois plus de chaleur lorsqu'il est en contact avec des objets froids et mouillés, en comparaison de conditions sèches ou une protection assurée par des vêtements secs. En général, la perte de chaleur par conduction ne représente que 2 % environ de la perte de chaleur totale. Quand les vêtements sont mouillés, cette perte est 5 fois plus grande.

⁽²⁾**CONVECTION**: La convection est la perte de chaleur au profit de l'air ambiant lorsque l'air entre en contact avec la surface du corps. La vitesse de déperdition de chaleur par contact dermique avec l'air froid dépend de la vitesse de l'air et de la différence de température entre la peau et l'air ambiant. A une température ambiante donnée, la perte de chaleur augmente avec la vitesse du vent. L'effet du vent n'augmente toutefois pas à des vitesses supérieures à 64 km/h ou 50 mi/h, étant donné que l'air n'est pas en contact avec le corps assez longtemps pour que celui-ci lui transfère une quantité supplémentaire de chaleur.

⁽⁷⁾**INDEX GLYCEMIQUE** : Mesure de la capacité d'un glucide donné à élever la glycémie après le repas par rapport à un standard de référence qui est le glucose pur.

⁽⁶⁾**IMC** : L'indice de masse corporelle se calcule grâce à la formule $\boxed{\text{poids (kg)} / \text{taille (cm)}^2}$ et son interprétation se fait grâce à des classes définies par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

Classe	Interprétation
<16,5	Dénutrition
16,5 à 18,5	Maigreur
18,5 à 25	Corpulence normale
25 à 30	Surpoids
30 à 35	Obésité modérée
> 40	Obésité morbide

⁽⁴⁾**THERMOREGULATION** : La thermorégulation est le mécanisme qui permet à un organisme de conserver une température constante, malgré les variations de températures extérieures. Elle est le résultat de production et de déperdition de chaleur

⁽⁵⁾**TRIBORD** : Sur le coté droit du navire (Bâbord étant le côté gauche du navire)

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de la consommation des protéines d'origine animale par les français (Sans P 2001)	16
Figure 2 : Répartition conseillée entre les différentes familles d'acides gras (Lefrancq E & Roudault H 07/2005).....	22
Figure 3 : Evolution glycémie en fonction du temps et de l'index glycémique des aliments ingérés (Medart J 2009).....	23
Figure 4 : Les différentes filières énergétiques lors d'un exercice (Vaast C 2008).....	34
Figure 5 : Catabolisme des protéines et utilisation des acides aminés.....	57
Figure 6 : Valeurs moyennes du glycérol, des AGL en fonction de la durée de l'exercice, avec et sans consommation de caféine (McArdlee et al. 2004).....	67
Figure 7 : Temps de passage à chaque 500m lors d'une épreuve de natation avec et sans ingestion de caféine (McArdlee et al. 2004)	68
Figure 8 : Les huit portes du Vendée-globe [www.vendeeglobe.org]	72
Figure 9 : Représentation schématique d'une journée d'un skipper pendant le Vendée-Globe [www.vendeeglobe.org]	73
Figure 10 : Relation entre l'insuline et la synthèse de sérotonine cérébrale [Pr. C.Y. GUEZENNEC].....	79
Figure 11 : Composition BION 3 adulte [www.bion.fr]	83
Figure 12 : Evolution de l'état physique en fonction de la pression et de la température (Le Hir A 2009).....	107
Figure 13 : Réhydratation des plats lyophilisés MX3 aventure [www.mx3.fr]	109
Figure 14 : Pains longue conservation Sodeb'O "maison"	117
Figure 15 : Plats lyophilisés Sodeb'O.....	117
Figure 16 : Composition de la purée pomme de terre, jambon et comté lyophilisée Sodeb'O	118
Figure 17 : Composition du risotto poulet champignon lyophilisée Sodeb'O.....	118
Figure 18 : Composition de la purée de carotte Bœuf lyophilisée Sodeb'O	119

Liste des tableaux

Tableau I : Acides aminés non essentiels et essentiels (Lefrancq E & Roudault H 07/2005) .	15
Tableau II : Indice protéique de différents aliments (McArdlee et al. 2004).....	18
Tableau III : Exemples d'aliments riches en acides gras saturés (Favier JC & al 1995).....	20
Tableau IV : Exemples d'aliments riches en acides gras mono-insaturés (Favier JC & al 1995)	21
Tableau V : Exemples d'aliments riches en acides gras polyinsaturés $\Omega 6$ (Favier JC & al 1995).....	21
Tableau VI : Exemples d'aliments riches en acides gras polyinsaturés $\Omega-3$ (Favier JC & al 1995).....	22
Tableau VII : Index glycémique de quelques aliments (Slama G 2000)	24
Tableau VIII : Apports nutritionnels conseillés en micronutriments (Schlienger J-L 2011)...	26
Tableau IX : Utilisation des nutriments chez le sportif (Bigard X & Guézennec C 2007).....	36
Tableau X : Dépense énergétique en fonction du style de nage et de la vitesse (Riche D 1995)	40
Tableau XI : la dépense énergétique d'activités sportives (Mc Ardlee et al 2004)	40
Tableau XII : Régime apportant 3000 Kcal (20% lipides, 15% protides, 65% glucides).....	47
Tableau XIII : Exemple de repas dans le cadre du RSM [www.nutratletic.com].....	65
Tableau XIV : Composition de la boisson hyper glucidique NUTRAPERF [www.nutratletic.com]	66
Tableau XV : Pertes hydriques quotidiennes en zone tempérée en l'absence d'activité physique (Blanc J-L, 2007)	82
Tableau XVI : Les 6 repas par jour de Philippe Poupon lors du Vendée Globe 1989 (Prigent S 1990).....	93
Tableau XVII : Les produits embarqués par Philippe Poupon lors du Vendée Globe 1989 (Prigent S 1990)	94
Tableau XVIII : Organisation des apports énergétiques de VDH pour le Vendée Globe 1992 (Kcal) (Kuchly-Anton & Prive M 1995).....	97
Tableau XIX : Choix des aliments embarqués par VDH pour le Vendée Globe 1992 [www.vdh.fr].....	98
Tableau XX : Les repas de VDH lors du Vendée-Globe 1992 [VDH].....	102

Tableau XXI : Exemple de Pack MX3 4000kcal [www.mx3.fr].....	110
Tableau XXII : Outil Excel de composition d'un pack journalier MX3 [www.mx3.fr]	112
Tableau XXIII : Exemple de Pack MX3 5000kcal utilisable en zone polaire [www.mx3.fr]	114
Tableau XXIV : Tableau récapitulatif de la composition des plats lyophilisés Sodeb'O [www.sodebo.fr].....	119

Sommaire

Lexique.....	2
Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
Introduction	10
Partie 1 : Diététique du sportif	12
I. Rappels sur les différents nutriments et leur utilisation	13
1. Les protides.....	14
2. Les lipides.....	19
3. Les glucides	23
4. Les micronutriments	25
II. Physiologie du sportif.....	26
1. Le métabolisme de base.....	26
2. Le poids de forme et l'adiposité	28
2.1 L'adiposité.....	28
2.2 Les plis	29
2.3 L'écart	31
III. L'utilisation des nutriments chez le sportif	32
1. Les besoins physiologiques du sportif.....	32
1.1 Les protéines	32
1.2 Les glucides.....	33
1.3 Les lipides	34
2. Utilisation des nutriments en fonction des caractéristiques de l'effort (intensité, durée)	35
3. Calcul mathématique de la dépense énergétique	37
3.1 L'exemple de la course a pied.....	38

3.2	L'exemple de la natation	39
3.3	L'exemple de la voile	40
IV.	L'hydratation du sportif.....	41
Partie 2 : Nutrition et voile		44
I.	Conseils généraux en nutrition et voile	45
II.	Les partenariats entre l'industrie agroalimentaire et les skippers : mise en place de programme d'évaluation nutritionnelle	48
1.	Le défi Mousquetaire.....	49
2.	Le programme Bel Sport & Nutrition.....	52
III.	Préparation diététique en phase d'entraînement et de pré compétition	56
1.	Les effets d'un régime hyper protéiné sur la performance des skippers.....	56
2.	Les effets d'un régime enrichi en glucides	60
	Petit Déjeuner :	63
	Collation en cours de matinée :	63
	Déjeuner :	63
	Huile d'olive et/ ou colza (15 g = 1.5 Cuillère à Soupe)	65
Partie 3 : Eléments caractéristiques du Vendée-Globe		70
I.	Le parcours du Vendée-Globe.....	71
II.	Les contraintes dues à la course et adaptations nutritionnelles	73
1.	Le mouvement du bateau.....	74
2.	La température	74
3.	Le sommeil	77
4.	Autres.....	80
III.	Adaptation de la ration alimentaire	80
1.	La ration calorique et sa répartition	80
2.	Les boissons.....	81
3.	Les micronutriments (vitamines, oligoéléments)	82

4. La répartition des différents repas	83
5. L'alimentation en zone froide de navigation	84
6. L'alimentation par temps chaud	85
IV. La nutrition à bord en pratique	86
V. L'hydratation à bord en pratique	87
VI. Les conséquences physiologiques de la course sur les skippers	87
Partie 4 : Approche diététique et voile : l'évolution nutritionnelle du Vendée-Globe.....	89
I. Historique	90
1. Vendée-Globe 1989 : l'expérience de Philippe Poupon.....	90
2. Vendée Globe 1992 : L'expérience de Jean Luc VDH	95
II. Evolutions techniques pour la nutrition des skippers.....	106
1. Le lyophilisé	107
1.1 La gamme "MX3 aventure" de TITOK.....	108
1.2 La Sodeb'O	116
Conclusion.....	121
Bibliographie	123

Introduction

Le corps humain a besoin d'un apport énergétique pour fonctionner correctement, celui ci est apporté par l'alimentation afin de fournir l'énergie de base.

Comme pour les personnes les plus sédentaires, l'alimentation du sportif doit avant tout être équilibrée. Néanmoins pour répondre aux besoins de l'organisme soumis à rude épreuve, pour éviter carences et fatigue, quelques adaptations seront nécessaires d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

La consommation énergétique du muscle est particulièrement importante lors d'un effort physique. Le sportif doit donc majorer ses apports. De plus le sportif transpire et perd donc ainsi beaucoup d'eau, l'hydratation sera donc également un paramètre à ne pas négliger.

Au-delà d'un apport énergétique important, le sportif devra également veiller à consommer suffisamment de vitamines et de sels minéraux afin de compenser les pertes (par exemple sous forme de sueur) et donc de maintenir un état de santé satisfaisant directement lié à la performance sportive.

Les produits consommés sont les mêmes que pour les personnes non sportives avec certaines adaptations :

- qualitative en fonction des caractéristiques de ce sport (endurance, bref et intense), les nutriments à privilégier ne seront pas les mêmes.
- quantitative en fonction de la dépense énergétique induite par ce sport. En effet, une heure d'alpinisme entraînera des dépenses énergétiques supérieure à une heure de marche à cadence modérée et donc des apports nécessaires différents.

Dans le domaine de la voile, des contraintes supplémentaires sont ajoutées à la diététique sportive en générale. Par exemple, des moyens de conservation limités entraînant un choix limité d'aliments ainsi que de possibilités de cuisiner très limitées voir inexistantes. Le problème de la place et du poids des aliments est également un facteur qui entre en compte dans le domaine de la voile, alors qu'il n'a aucune importance pour un sportif en général.

Plus particulièrement, la course au large en solitaire est un sport où la notion de durée prime

au plus haut point. Dans le cas du Vendée-Globe la course dure plusieurs mois et le skipper est seul sur son bateau. Il doit donc savoir tout faire, y compris gérer sa santé et sa propre physiologie (sommeil, nutrition...) sur le long terme.

En effet contrairement à une compétition sportive (par exemple un match), il n'aura pas la possibilité de privilégier la performance au détriment de sa propre physiologie en pensant compenser les erreurs le lendemain. C'est pourquoi une diététique adaptée prend une place de plus en plus importante dans les courses au large.

Cette prise de conscience entraine un développement des partenariats entre les médecins et les skippers, ainsi qu'entre l'industrie agroalimentaire et les skippers afin de leur proposer des solutions adaptées aux contraintes de la course tout en privilégiant une alimentation équilibrée afin de permettre des performances maximales.

Après un bref rappel sur la nutrition du sportif, nous nous attarderont sur la diététique spécifique du milieu de la voile, puis nous développerons ici l'approche nutritionnelle des skippers, en particulier lors du Vendée globe, d'un point de vue théorique et pratique, dans le contexte particulier de cette course au large (durée, climat...), ainsi que les différentes solutions proposées aux skippers d'un point de vue nutritionnel.

Partie 1 :

Diététique du sportif

I. Rappels sur les différents nutriments et leur utilisation

L'homme a besoin d'énergie pour vivre, afin de maintenir ses fonctions vitales mais également d'effectuer différentes tâches (déplacement, sport...). On retrouve cette énergie dans l'alimentation. C'est ensuite ces macronutriments (glucides, protéines, lipides) contenus dans l'alimentation qui permettront de produire de l'énergie après dégradation. Les différents aliments ont des concentrations très variables en macronutriments c'est pourquoi une alimentation adaptée sur le plan qualitatif et quantitatif est indispensable.

Rappelons que la répartition idéale dans la population générale pour une alimentation équilibrée est la suivante (1)**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

- 35-40 % des apports énergétiques totaux (AET) en lipides
- 50 % des AET en glucides
- 10-15% des AET en protéines

L'apport énergétique total sur la journée pour un homme non sportif doit se situer aux alentours de 2700 Kcal, pour une femme autour de 2100 Kcal.

Pour un sportif la répartition qualitative des macronutriments doit être la suivante (2)

- 25 à 30% des AET en lipides (inférieur à 30% mais jamais inférieur à 15%)
- 55 à 60% des AET en glucides (voir 70% si effort important)
- 12-15% des AET en protides

L'apport énergétique du sportif est très variable en fonction du sport pratiqué, de son intensité et de sa durée. 3000Kcal peut être considéré comme l'apport minimum chez un sportif de haut niveau.

L'énergie apportée par les différents macronutriments n'est pas la même pour tous, elle varie en fonction du type :

- 1g de protides fournit 4 Kcal

- 1g de lipides fournit 9 Kcal
- 1g de glucides fournit 4 Kcal

1. Les protides

Les protéines sont constituées d'acides aminés. Il en existe deux types (Tableau I) (3)

- Les aminés non essentiels, c'est-à-dire que l'homme sait synthétiser
- acides aminés essentiels, c'est-à-dire que l'homme ne sait pas synthétiser. Ces derniers doivent donc obligatoirement être apportés par l'alimentation en quantité suffisante.

Acides aminés non essentiels	Acides aminés essentiels
Acide aspartique	
Alanine	
Arginine	Isoleucine
Asparagine	Leucine
Cystine	Lysine
Glutamine	Méthionine
Acide glutamique	Phénylalanine
Glycine	Thréonine
Histidine	Tryptophane
Proline	Valine
Sérine	
Tyrosine	

Tableau I : Acides aminés non essentiels et essentiels (Lefrancq E & Roudault H 07/2005)

On retrouve deux types de protéines qui ont des sources différentes : les protéines d'origine animales (viande, charcuterie, œufs, produits laitiers, produits de la mer) et les protéines d'origine végétales (céréales et légumineuses). Dans les pays occidentaux la consommation de protéines animales est souvent plus importante que celle de protéines d'origine végétale. En dehors de toute activité ou situation physiopathologique particulière, il faudrait consommer autant de protéines animales que de protéines végétales, afin d'obtenir une alimentation équilibrée.

Les protéines animales ont de nombreux avantages

- Le pourcentage moyen d'acide aminé est voisin d'une source animale à une autre (proche de 20%)
- très bonne digestibilité
- teneur en AA importante
- présence de micronutriments : fer pour la viande, calcium pour les produits laitiers et zinc, par exemple, pour les produits de la mer

Mais leur inconvénient principal réside dans le fait que les protéines d'origine animale sont associées à des quantités non négligeables de lipides (surtout pour la charcuterie, la viande et certains produits laitiers).

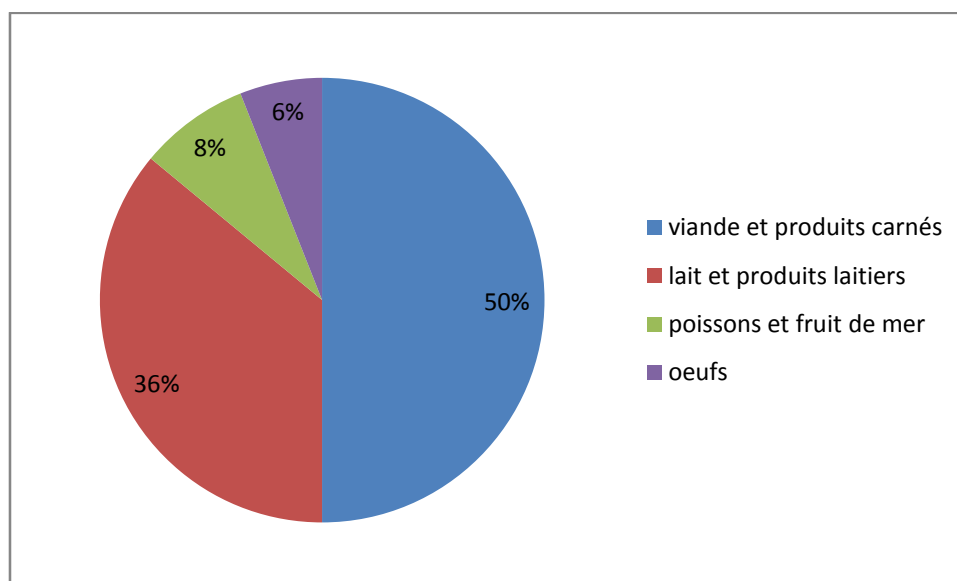


Figure 1 : Répartition de la consommation des protéines d'origine animale par les français
(Sans P 2001)

La consommation des protéines animales par les français ([Figure 1](#)) montre que la viande est très largement privilégiée au détriment des produits de la mer, souvent moins riches en acides

gras saturés. Les recommandations en matière de nutrition demandent de remplacer la viande par des produits de la mer aussi souvent que possible.

Les protéines d'origine végétales proviennent

- des céréales (blé, riz, maïs, ...)
- des légumineuses (pois, haricot, soja, lentilles, fèves, ...)

Ces protéines présentent un avantage important qui est leur faible teneur en matière grasse. Mais elles ont une teneur en acides aminés très variable. Par exemple, les céréales sont pauvres en lysine et riches en acides aminés soufrés alors que les légumineuses sont riches en lysine et pauvres en acides aminés soufrés. Il est donc nécessaire d'effectuer une consommation mixte de ces deux types pour éviter les carences, cette consommation mixte est d'autant plus important chez les personnes végétariennes. Leur digestibilité est également moins bonne que pour les protéines animales (présence de fibres) et leur teneur en acides aminés essentiels (non synthétisable par le corps humain) également.

Le tableau ci-dessous (Tableau II) nous permet de comparer la teneur variable en protéines en fonction des aliments. L'œuf étant utilisé comme aliment de référence car c'est l'aliment le plus riche en protéines, on observe que les sources animales (en rouge) sont plus riches en protéines que les sources végétales (en vert).

Aliment	Indice protéique
Œuf	100
Poisson	70
Viande maigre de bœuf	69
Lait de vache	60
Riz complet	57
Riz blanc	56
Fèves de soja	47
Farine complète	44
Cacahuètes	43
Haricots secs	34
Pommes de terre	34

Tableau II : Indice protéique de différents aliments (McArdlee et al. 2004)

2. Les lipides

Ils sont présents sous différentes formes dans l'alimentation :

- Sous forme visible dans l'assaisonnement ou la cuisson
- Sous forme cachée dans les produits d'origine animale ou végétale

Les lipides sont une famille hétérogène de molécules. Celles représentées dans l'alimentation sont constituées d'un nombre limitées de familles :

- Triglycérides : glycérol + 3 acides gras
- Phospholipides
- Cholestérols

Actuellement dans les pays industrialisés on ingère quotidiennement environ

- 80 à 140g de triglycérides
- 2 à 4g de phospholipides
- 0,1 à 1g de cholestérol
- 10-20 mg vitamines liposolubles

Parmi les acides gras on distingue les trois grandes classes : (1)

- Les acides gras saturés (AGS). Ils sont souvent cachés dans l'alimentation, on les retrouve dans le beurre, les viandes, certains produits laitiers (crème fraîche, fromage de chèvre, Comté) et également dans certaines huiles (huile de palme ou ils sont présent quasiment en exclusivité) (Tableau I)
- Les acides gras mono-insaturés (AGMI). On les retrouve surtout dans l'huile d'olive, de colza (Tableau IV), les œufs et les avocats
- Les acides gras polyinsaturés (AGPI) dont certains sont appelés acides gras "essentiels" car ils ne sont pas synthétisables par l'organisme humain. Ils doivent

donc obligatoirement être présents dans l'alimentation (L'acide linoléique (18 :2 n-6) et l'acide α -linoléique (18 :3 n-3)). Les AGPI se divisent en deux catégories : (4)

- o Les acides gras polyinsaturés type $\Omega 6$ (Tableau V), sont synthétisés à partir de l'acide linoléique (18 :2 n-6), qui sera transformé en acide arachidonique (AGPI-LC) (C20 :4 n-6) sous l'action des élongases dans l'organisme. On les retrouve dans différentes huiles (pépin de raisin, tournesol, noix, maïs) pour le précurseur, dans certains poissons (thon, sardines, saumon) et dans le jaune d'œuf pour la forme longue.
- o Les acides gras polyinsaturés type $\Omega 3$ (Tableau VI), sont synthétisés à partir de l'acide α -linoléique (18 :3 n-3), qui sera transformé en acides docosahéxanoïque (DHA) (C22 :6 n-3) et acide éicosapentaénoïque (EPA) (C20 :5 n-3) sous l'action des élongases dans l'organisme. On les retrouve dans différentes huiles (noix et colza en particulier) pour le précurseur, dans certains poissons (thon, sardines, saumon) et dans les fruits secs (noix) pour les formes longues (EPA, DHA).

Teneur en AGS en g/100g d'aliment	Aliment
80-90	Végétaline, huile de palme
50-65	Beurre, beurre de cacao
40-50	Suif, saindoux, noix de coco sèche
30-40	Lard, graisse de canard, poulet, dinde
20-30	Crème fraîche, fromage de chèvre sec, beurre allégé, fromage frais 70% MG, roquefort, noix de coco fraîche, graisse d'oie
15-20	Fromage fondu 70% MG, beaufort, cantal, comté..., huile d'arachide, huile de germes de blé, lait de coco, chocolat au lait, chocolat à croquer, chorizo sec, salami, rillettes, pâté de foie de porc

Tableau III : Exemples d'aliments riches en acides gras saturés (Favier JC & al 1995)

Teneur en AGMI en g/100g d'aliment	Aliment
70-75	Huiles d'olive vierge, de noisette
60-70	Huile de colza
50-60	Graisse d'oie
45-50	Huile d'arachide, graisse de canard, poulet, noisette
40-45	Graisse de dinde, saindoux, suif
35-40	Huile de mélange équilibrée, amande, pistache
25-35	Beurre de cacao, margarines au maïs, au tournesol, huiles de maïs, de germes de maïs, lard, foie gras
15-25	Cacahuète grillée, noix de cajou, huiles de tournesol, de soja, olive noire, chorizo sec, salami, rillettes, pâté de foie de porc, saucisson sec, mélange graines salées et raisins secs, pâte d'amande

Tableau IV : Exemples d'aliments riches en acides gras mono-insaturés (Favier JC & al 1995)

Teneur en AGPI (Ω6) en g/100g d'aliment	Aliment
60-70	Huiles de pépin de raisin, de tournesol
50-60	Huiles de noix, de maïs, de soja, de germes de blé
40-50	Huile de sésame
30-40	Margarine au tournesol
20-30	Huiles de colza, d'arachide
10-20	Huile de noisette, graisses de poulet, d'oie
5-10	Huile d'olive vierge
0,8-2	Beurre, œuf entier, crème fraîche, beurre allégé

Tableau V : Exemples d'aliments riches en acides gras polyinsaturés Ω 6 (Favier JC & al 1995)

Teneur en AGPI ($\Omega 3$) en g/100g d'aliment	Aliment
12	Huile de noix
8	Huile de colza
6-7	Huile de soja, de germes de blé, noix
1-1,5	Huile mélangée équilibrée, huiles de poisson, graisse de volaille, beurre

Tableau VI : Exemples d'aliments riches en acides gras polyinsaturés Ω -3 (Favier JC & al 1995)

La répartition des lipides pour une alimentation équilibrée doit être la suivante (Figure 2), or dans la population actuelle on observe une surconsommation de lipides (>35% des apports énergétiques totaux) et une mauvaise répartition des différents types de lipides :

- Trop d'acides gras saturés
- Un ratio AGPI $\Omega 6$ /AGPI $\Omega 3$ >5, avec un déficit en AGPI $\Omega 3$
- Consommation trop faible d'AGPI

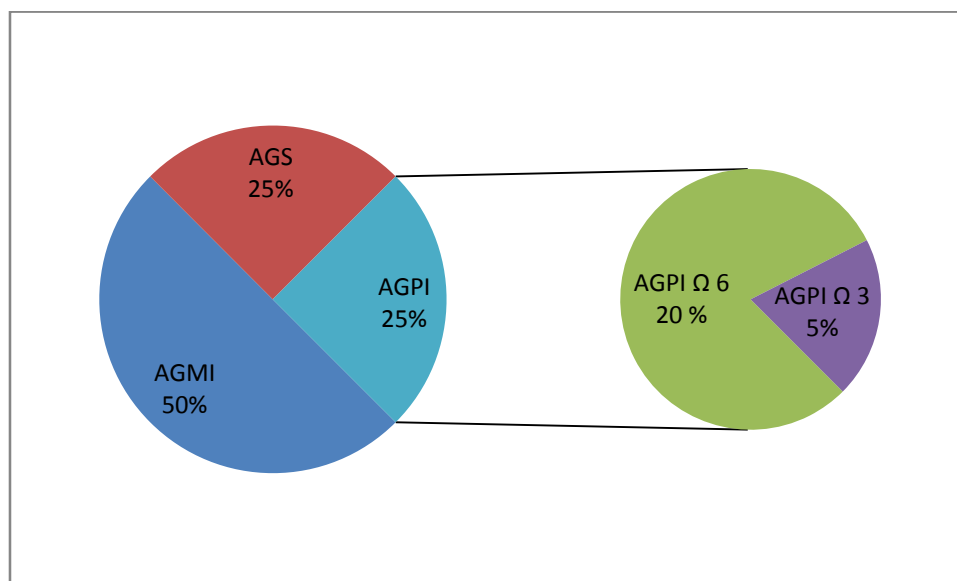


Figure 2 : Répartition conseillée entre les différentes familles d'acides gras (Lefrancq E & Roudault H 07/2005)

3. Les glucides

La proportion des glucides dans l'alimentation doit idéalement représenter 50% des apports énergétiques totaux. Actuellement, dans la population générale, les apports se situent plutôt autour de 40 à 45% avec une proportion trop importante de sucres simples "sucres plaisirs". Une alimentation équilibrée doit l'être quantitativement (50% de glucides) et qualitativement en augmentant la part des glucides à index glycémique moyen ou bas, c'est-à-dire ceux qui induisent une augmentation lente du taux de glucose dans le sang. Plus l'index glycémique⁽⁷⁾ (IG) d'un aliment est important, et plus l'augmentation du taux de glucose dans le sang sera rapide (Figure 3).

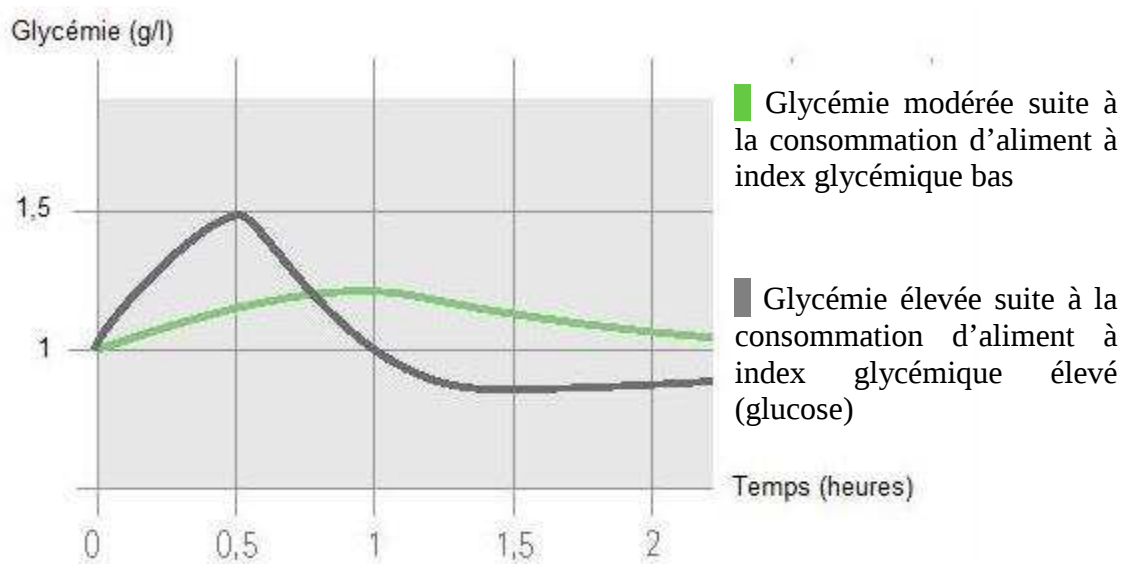


Figure 3 : Evolution glycémie en fonction du temps et de l'index glycémique des aliments ingérés (Medart J 2009)

Les aliments à index glycémique bas sont les moins raffinés : les produits céréaliers complets (pain complet, pâtes complètes...) contrairement aux aliments très raffinés comme le pain blanc qui ont un index glycémique élevé (

Tableau VII).

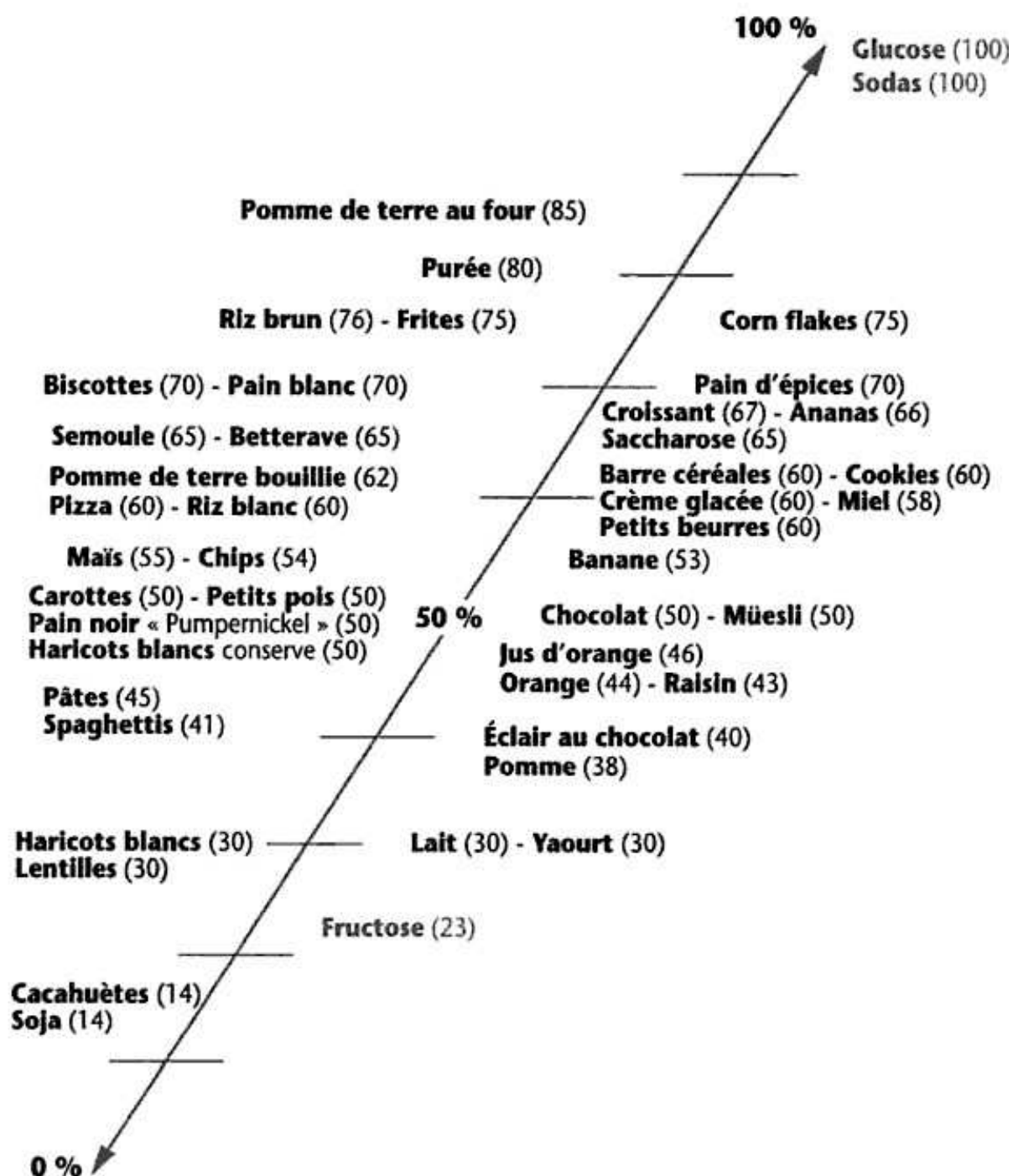


Tableau VII : Index glycémique de quelques aliments (Slama G 2000)

Dans le cadre d'une alimentation équilibrée, les glucides à index glycémique bas doivent représenter 2/3 de l'apport énergétique total, alors que les glucides à index glycémique élevé, seulement 1/3.

4. Les micronutriments

Un autre élément important dans l'alimentation est la teneur en micronutriments des aliments, c'est-à-dire leur teneur en vitamines liposolubles (A, D, E, K), hydrosolubles (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, C), minéraux et oligo-éléments. En effet, ces micronutriments sont nécessaires pour maintenir un bon équilibre dans l'organisme. Par exemple, la vitamine C et E ou le sélénium, sont des antioxydants indispensables pour neutraliser les radicaux libres produits en permanence par nos tissus, en particulier lors d'exercices physiques. Toute déficience en un micronutriment peut avoir des répercussions sur notre organisme (anémie si manque de fer par exemple). C'est pour cette raison qu'une alimentation variée est nécessaire afin d'apporter les différents micronutriments en quantité suffisante afin d'atteindre les apports nationaux conseillés (ANC) et couvrir les besoins (Tableau VIII).

A. Apports énergétiques conseillés pour la population pour un niveau moyen d'activité

	Âge (ans)	Poids	Énergie (kcal)
Hommes	20–40	70	2 700
	41–60	70	2 500
Femmes	20–40	60	2 200
	41–60	60	2 000
Seniors	60–75		36/kg de poids corporel

B. Vitamines

	B1	B2	PP	B6	B9	B12	C	A	D	E
	mg	mg	mg	mg	µg	µg	mg	µg	µg	mg
Hommes adultes	1,3	1,6	14	1,8	330	3,4	110	800	5	12
Femmes adultes	1,1	1,5	11	1,5	300	2,4	110	600	5	12
Femmes enceintes	1,8	1,6	16	2	400	2,6	120	700	10	12
Personnes âgées	1,2	1,6	14	2,2	350	3,0	120	700	10–15	20–50

C. Minéraux et oligoéléments

	Ca	P	Mg	Fe	Zn	I	Se
	mg	mg	mg	mg	mg	µg	µg
Hommes adultes	900	750	420	9	12	150	60
Femmes adultes	900	750	360	16	10	150	50
Femmes enceintes	1 000	800	400	30	14	200	60
Personnes âgées	1 200	800	400	10	12	150	80

Tableau VIII : Apports nutritionnels conseillés en micronutriments (Schlienger J-L 2011)

II. Physiologie du sportif

1. Le métabolisme de base

Le métabolisme de base du corps humain (la respiration, la digestion, l'élimination des déchets, le sommeil) et la thermorégulation constituent le métabolisme de repos et ne peuvent s'effectuer sans une dépense énergétique minimale. Il faut noter que la thermorégulation sauf exposition au froid prolongée influence peu cette dépense énergétique. (5)

Pour un individu complètement sédentaire, qui travaille assis, prend l'ascenseur et les transports en commun, une dépense énergétique minimale est donc observée, elle correspond au métabolisme de repos du corps humain.

On peut calculer la dépense énergétique de repos d'un sujet grâce à deux formules :

$S = T^{0,725} \times P^{0,425} \times 0,202$	Avec : S = surface en m² T = taille en m P = poids en kg
---	---

On obtient une surface en générale comprise entre 1,5 et 2,1m² chez la plupart des individus. De cette surface on peut en déduire une approximation du métabolisme de repos car on sait qu'on dépense entre 35 et 40 kcal/m² et par heure. En multipliant par 24 on peut donc connaître la dépense pour la journée. (5)

$M.R^h = S \times (35 \text{ à } 40)$ $M.R = M.R^h \times 24$	M.Rh = métabolisme de repos par heure en kcal/h S = surface en m² M.R = métabolisme de repos par jour en kcal/24h
---	---

Prenons l'exemple d'un sportif de 1,82m et de 73 kilos

Sa surface corporelle S = 1,93m²

Son métabolisme de repos varie donc entre 1620 et 1850 kcal/jour

Certains facteurs influencent cette estimation (5)

- L'adiposité : Pour une même surface corporelle, un sujet plus enrobé dépensera moins d'énergie qu'un sujet plus maigre. Le poids entre dans le calcul de la surface mais le tissu graisseux est un consommateur faible d'énergie (<35 Kcal/m²). De ce fait, pour des sujets ayant un IMC (indice de masse corporelle) supérieur à la normale, la dépense énergétique de repos est surestimée par cette formule. De plus, un sujet enrobé est mieux protégé contre le froid la dépense de thermorégulation est donc diminuée par rapport à un sujet plus maigre.

- Le stress : Il peut augmenter le métabolisme ou le diminuer selon les individus. Il provoque une libération de médiateurs (en majorité adrénaline et noradrénaline) qui activent ou inhibent le métabolisme de repos.
- L'hérédité : La génétique influence la façon dont le corps va consommer l'énergie, certains sont de gros bruleurs et d'autre de petits bruleurs. Les gros bruleurs ont besoins d'un apport calorique supérieur pour assurer leur métabolisme de repos
- Certaines substances comme le tabac augmentent le métabolisme de base du corps humain. Et inversement à l'arrêt du tabac le métabolisme de base s'abaisse d'environ 10%, cela associé à l'appétit qui augmente temporairement, la prise de poids est inévitable si la personne n'adapte pas sa ration alimentaire et son mode de vie

2. Le poids de forme et l'adiposité

Le poids de forme pour un sportif est celui pour lequel ses performances sont au meilleur niveau, de même que pour tout individu le poids idéal constitue celui pour lequel il aura une espérance de vie maximale.

2.1 *L'adiposité*

Les réserves de lipides (graisses) sont localisées dans les adipocytes.

On distingue deux classes de lipides :

- Les lipides de réserve, situés dans les adipocytes. Leur quantité détermine l'obésité et la maigreur. Ce sont également ceux-ci que le sportif veille à limiter dans les sports d'endurance afin d'atteindre leur poids de forme.
- Les lipides constitutifs, qui se trouvent dans la moelle osseuse, le cœur, le foie... Ils sont indispensables au bon fonctionnement cellulaire. Chez les femmes ils sont

également situés dans la région pelvienne et au niveau des seins, ces lipides ne dépassent jamais 4% du pourcentage total des lipides du corps.

Le nombre d'adipocytes est variable d'un individu à l'autre. Il est déterminé par l'hérédité et l'alimentation. L'adiposité moyenne chez une femme est d'environ 25 à 30%, et chez un homme, d'environ 16 à 21%. Chez les sportifs l'adiposité se situe généralement en dessous ces valeurs, pouvant être de 10 à 12% pour les hommes et 14 à 16% pour les femmes qui pratiquent des sports d'endurance.

Ceci étant dû en partie à une génétique favorable qui les a dotés d'un petit nombre d'adipocytes mais également à des entraînements intensifs et une diététique stricte.

Dans certains sports, où le sportif déplace son propre poids (course à pied, cyclisme), les graisses sont considérées comme une surcharge. Elles s'avèrent néfastes pour les tendons et les articulations.

2.2 Les plis

La mesure de certains plis cutanés chez le sportif permet d'apprécier l'adiposité en %MG (pourcentage de matière grasse). Cette mesure permet un suivi des athlètes sur le long terme, l'épaisseur de ces plis étant le reflet des réserves adipeuses.

Pour mesurer soi-même ses plis l'athlète doit mesurer l'épaisseur de deux plis à deux endroits différents :

- A : dans le dos entre l'omoplate et la colonne.
- B : sur le milieu de l'arrière du bras en gardant celui-ci plié à angle droit avec l'avant bras.

On applique ensuite des formules :

$MM = (0,874 \times P) - A - B$ $MG = P - MM$ $AD = (MG/P) \times 100$	Avec MM = Masse maigre en kg P = poids en kg A = 0,363 x PLI A (en mm) B = 0,403 x PLI B (en mm) MG = Masse grasse en kg AD = adiposité en pourcentage
--	---

Pour un sportif de 73 kilos, avec un PLI A = 4 mm et un PLI B = 5 mm, on peut donc en déduire :

$$MM = 61,5\text{kg}$$

$$MG = 11,5\text{kg}$$

$$AD = 15,5\%$$

Ce sportif a donc une adiposité inférieure à la population générale mais toutefois supérieure aux hommes pratiquant des sports d'endurance.

2.3 L'écart

Un athlète peu s'estimer proche de son poids de forme avec un écart égal à 10. On désigne par écart (Ec) la différence suivante :

$Ec = (T - 100) - P$	Avec Ec = écart T = taille en cm P = Poids un kg
----------------------	--

Pour un sportif de 1,82m, son poids de forme se situe aux environs de 72 kilos.

Chez les athlètes, on observe parfois un écart bien supérieur pouvant aller jusqu'à 15, voire même 20, il correspond à l'adiposité minimale du sujet et correspond à un poids inférieur à celui pour lequel l'individu est génétiquement programmé. Cet écart, supérieur à l'écart normal pour un sportif est dû à : une génétique favorable associée à une diététique et un entraînement stricts. Si l'athlète diminue son volume d'entraînement ou change d'alimentation, son écart tendra naturellement à revenir vers un écart moyen.

Le poids de forme de l'athlète ne correspond pas forcément à un écart aussi important, en effet il est parfois associé à de telles privations que l'équilibre psychologique est perturbé et/ou qu'il ne dispose plus de réserves suffisantes pour tolérer son entraînement intensif.

En conclusion pour trouver son poids de forme un athlète doit :

- Procéder à la mesure des plis: dans le dos entre l'omoplate et la colonne,
- Essayer d'approcher un écart de 10, voir 12 ou 13 si cela ne pose pas de problème,
- noter son poids avant chaque compétition et déterminer celui pour lequel il enregistre de meilleurs résultats,
- relever ses sensations et réactions à l'entraînement en fonction de son poids.

III. L'utilisation des nutriments chez le sportif

1. Les besoins physiologiques du sportif

Le mode de vie de chacun influence les besoins en nutriments. En effet la dépense énergétique d'une personne sédentaire ne sera pas la même que celle d'un sportif de haut niveau. Ils n'auront donc pas les mêmes besoins quantitatifs et qualitatifs.

1.1 Les protéines

La ration usuelle recommandée en France pour des personnes sédentaires est de 0,8g par kilo de masse corporelle par jour. Cette ration est augmentée chez certaines catégories de la population (2) :

- Les femmes enceintes (0,9g par kilo et par jour),
- Les femmes allaitantes (1,4g par kilo et par jour),
- Les enfants (0,8 à 1 g par kilo et par jour),
- Les végétariens et végétariens en raison de la moins bonne assimilation par l'organisme des protéines d'origine végétale.

Chez les sportifs une consommation comprise entre 1,14 et 1,8 g par kilo et par jour est recommandée afin d'assurer la réparation des structures protéiques (muscles, tendons) qui sont susceptibles d'être lésées par des efforts de longue durée. De plus les acides aminés sont susceptibles d'être utilisés pour fournir de l'énergie lors des efforts de longue durée.

Il est toutefois important pour les sportifs de ne pas négliger les protéines végétales afin d'éviter d'avoir un apport en acides gras saturés trop important.

1.2 Les glucides

Les glucides sont le carburant principal du sportif, en particulier lors d'efforts courts et intenses ou en début d'efforts prolongés. Le glucose libéré va être utilisé pour la synthèse de l'ATP (adénosine triphosphate), énergie nécessaire au fonctionnement du corps. Lors d'un effort physique, l'ATP disponible va être libéré et sa re-synthèse immédiate va être mise en place afin d'assurer la poursuite de l'exercice (6).

Trois filières participent à cette production d'énergie (7) (8) (Figure 4) :

- La filière anaérobie alactique : La créatine phosphate est transformée en phosphate et créatine, par une enzyme (la créatine phospho-kinase), tout en produisant de l'énergie. Cette voie couvre les exercices intenses de quelques secondes et est presque totalement réversible, il n'y a donc pas besoin d'apport complémentaire en créatine chez le sportif. Cette voie ne fournit pas d'acide et ne nécessite pas d'oxygène.
- La filière anaérobie lactique : Le glycogène du muscle (forme de stockage du glucose au niveau musculaire) va être transformé en glucose. Le glucose va produire de l'ATP et de l'acide pyruvique qui sera dégradé en acide lactique. C'est l'accumulation de cet acide qui va entraîner les phénomènes de crampes et de courbatures. Cette voie couvre les exercices de quelques minutes.
- La filière aérobie : Cette voie permet le maintien de l'exercice tant que l'oxygène et les nutriments sont disponibles car contrairement à la filière anaérobie lactique, cette voie ne produit pas de déchets. L'acide pyruvique produit à partir du glycogène du muscle sera incorporé au cycle de Krebs dans lequel il subira une série d'oxydations en présence d'oxygène produisant CO_2 et H_2O . Cette voie utilise principalement le glucose, mais peut aussi utiliser les lipides et en quantité moindre, les protéines. Lors des efforts de longue durée les besoins en glucides sont d'environ 10 à 12g par kilo et par jour au lieu de 4 à 5g par kilo et par jour pour une population sédentaire.

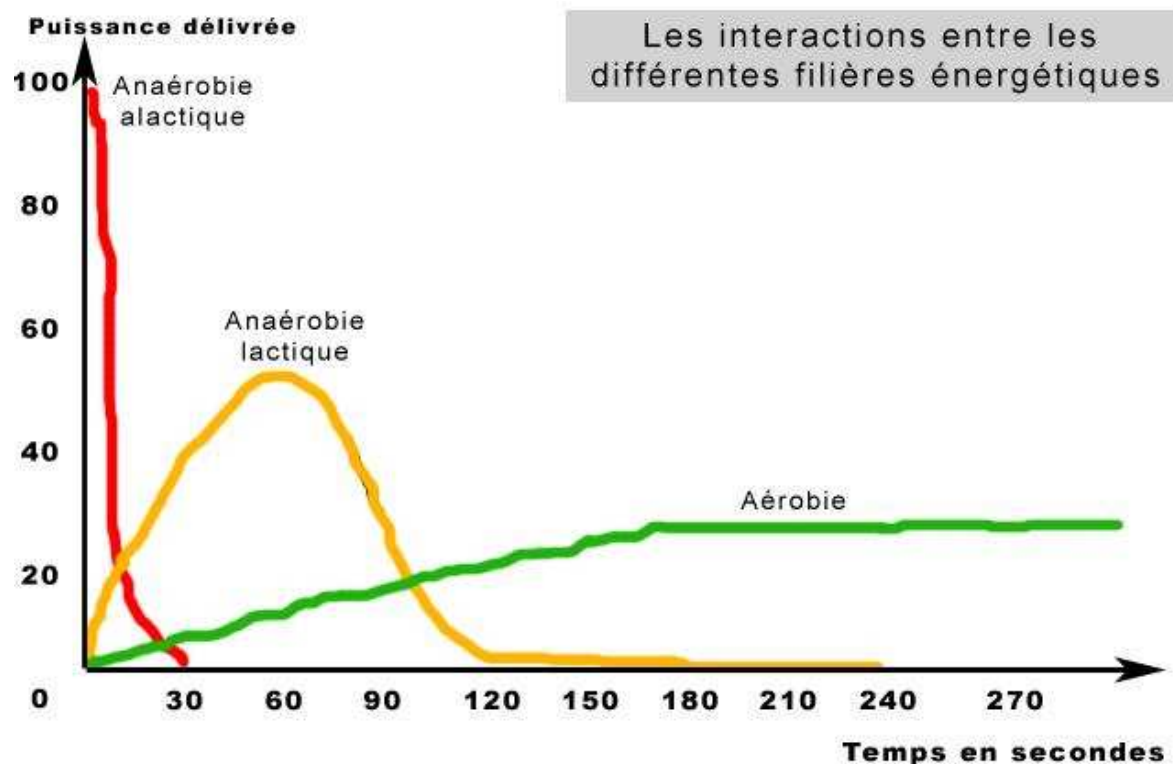


Figure 4 : Les différentes filières énergétiques lors d'un exercice (Vaast C 2008)

1.3 Les lipides

Les acides gras sont utilisés lors d'exercices de longue durée après épuisement des réserves glucidiques. Il n'est pas démontré de besoin d'augmenter qualitativement la part des lipides, en effet ils produisent des radicaux libres lors d'un exercice physique. La part des lipides, qui représente idéalement 35 à 40% des AET chez une personne sédentaire passe de 25 à 30% des AET chez le sportif. Cette diminution qualitative des lipides se fait au profit des glucides, afin de retarder l'épuisement des réserves. La part des lipides sera malgré tout augmentée quantitativement, les AET étant augmentés chez le sportif. En revanche, les lipides à chaîne courte (beurre, lait) sont intéressants, car ils sont rapidement assimilés (9). Ils sont donc à privilégier avant et après l'effort tout en conservant la répartition qualitative entre AGS, AGPI et AGMI de la population sédentaire. (7)

2. Utilisation des nutriments en fonction des caractéristiques de l'effort (intensité, durée)

Pour être en état de forme optimale, le sportif doit comprendre de quelle façon il utilise les nutriments qu'il absorbe, afin de composer des repas adaptés à ses besoins. (5)

L'utilisation de ces nutriments dépend de plusieurs facteurs personnels (le métabolisme de base comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent) mais également de l'effort lui-même et de ses caractéristiques : durée, intensité.

En effet, il ne suffit pas d'élever la ration quotidienne quantitativement, il faut également l'adapter qualitativement en fonction de ces différents paramètres.

Les glucides sont le principal carburant du sportif. Les lipides interviennent en deuxième lieu. Les glucides étant utilisés dans les efforts intenses. Les lipides sont utilisés en complément des glucides dans les efforts d'intensité moyenne mais de durée prolongée. Ils deviennent la source principale d'énergie dans les exercices de très longue durée et de faible intensité après épuisement des réserves glucidiques. (7)

Les besoins spécifiques de l'effort sont différents en fonction du moment de l'effort auquel on se situe.

Avant l'effort il est nécessaire d'augmenter les réserves en glycogène. Le glycogène étant la forme de stockage du glucose qui sert de carburant à l'organisme. Un repas riche en sucres lents est donc nécessaire, toutefois pour éviter les problèmes digestifs il est conseillé de prendre le dernier repas 3h avant de début de l'effort physique.

Pendant l'effort le sportif a besoin d'un maximum d'énergie disponible tout de suite (glucides simples) afin d'éviter l'hypoglycémie. L'hydratation est également indispensable.

En résumé, plus un effort se prolonge plus le mélange utilisé s'enrichit en lipides. Le muscle utilise le glycogène hépatique (forme de stockage du glucose) lors d'un effort bref et intense, alors que lors d'un effort long d'intensité moyenne le corps va utiliser les corps gras contenus dans le tissu adipeux. (4)

Les protéines, elles, ne sont pas un substrat utilisé significativement dans l'exercice, sauf si l'effort est d'intensité très élevée ou de durée très prolongée mais également pour des efforts d'intensité moins importante ou de durée courte s'il existe une déplétion préalable en glycogène. Elles sont toutefois indispensables pour le renouvellement et la réparation des tissus après l'effort (ou pendant s'il est de durée très prolongée).

En résumé

<u>Nutriments</u>	Utilisation pour le sportif
<u>Glucides</u>	Activité intense de courte durée Début des efforts prolongés
<u>Lipides</u>	Activité d'intensité modérée Relais des activités de longue durée
<u>Protéines</u>	Renouvellement et réparation des tissus après effort

Tableau IX : Utilisation des nutriments chez le sportif (Bigard X & Guézennec C 2007)

Les réserves de l'organisme en glucides (sous forme de glycogène hépatique et musculaire) sont limitées, elles s'épuisent rapidement sous l'effet de la durée de l'exercice. Les apports en glucides sont donc essentiels avant, pendant et après l'effort pour maintenir la glycémie et reconstituer les réserves de glycogène musculaire et hépatique.

Le choix du type de glucides à ingérer doit se faire selon l'index glycémique du glucide et le délai entre l'apport et l'exercice.

Les différents glucides ont des temps d'absorption différents

- Dextrose (glucose): 0-15min
- Sirop de glucose (hydrolyse plus ou – poussée de l'amidon): 15min-2h (ou plus selon le degré d'hydrolyse)
- Fructose: 20min-1h
- Maltodextrine: 2-3h

Pour un effort de courte durée: le sportif utilisera des glucides simples à index glycémique élevé (dextrose) qui constituent une réserve d'énergie disponible rapidement. Alors que plusieurs heures avant un effort de longue durée, il utilisera plutôt des glucides complexes à index glycémique moyen ou faible, qui subiront une hydrolyse dans le corps humain pour être disponibles plus tardivement mais plus régulièrement (amidon, maltodextrines). Quelques minutes avant un effort de durée moyenne il peut également utiliser le fructose qui constituera une réserve d'énergie différée et évitera les pics de glycémie.

Après l'effort la reconstitution des réserves est une étape incontournable pour permettre aux muscles de se régénérer et récupérer rapidement. Il faudra pour cela :

- Compenser la déshydratation et combattre l'acidité liées à l'effort : Pour cela la prise d'une eau bicarbonatée par petite quantité (type Vichy) assure une réhydratation et tamponne l'acide lactique produit par l'effort, assurant ainsi une récupération plus rapide (10). De plus ce type d'eau gazeuse contient du chlorure de sodium qui améliore la réabsorption de l'eau vers l'espace intercellulaire et diminue les pertes de potassium. (3)
Des apports de 150 à 300mL toute les 15 à 30 min pendant 2 à 4h sont recommandés afin d'assurer une bonne réhydratation. (11)
- Renouveler les stocks de glycogène et lutter contre le catabolisme protéique : A partir de 2h après l'effort, un repas riche en glucides d'absorption lente (60 des AET) et en protéines (15 à 20%), permettra de reconstituer les réserves en glycogène hépatique et musculaire, et de maintenir une balance azotée positive. (11)

3. Calcul mathématique de la dépense énergétique

Comme nous l'avons vu précédemment la dépense énergétique n'est pas la même en fonction du mode de vie (sédentaire ou sportif). Elle est également variable en fonction du sport pratiqué. Nous allons prendre l'exemple de deux sports (la natation et la course à pied) pour lesquels le sportif est soumis à des contraintes différentes, et en estimer la dépense énergétique en fonction de leurs caractéristiques propres.

3.1 L'exemple de la course a pied

On peut estimer la dépense énergétique lors de ce sport grâce à une formule simple car on dépense 1kcal/km couru et par Kg de poids (5)

$E = P \times D$	Avec : E = dépense énergétique en Kcal P = poids en kg D = distance en km
------------------	---

Reprenons l'exemple du sportif de 1,82m et de 73kg s'il court à 12,5km en 50 minutes et de son amie de 56kg, qui court 7km en 50minutes.

La dépense énergétique du sportif $E = 912,5$ Kcal

La dépense énergétique de son amie $E = 393$ Kcal

Sur une séance de même durée le sportif dépense plus du double que son amie. Même si ils avaient couru à la même vitesse, elle n'aurait dépensé que 700kcal. La ration alimentaire du repas suivant doit donc être adaptée en conséquence et il devra manger plus qu'elle.

Afin d'affiner le résultat, on peut introduire un coefficient "A" à la formule. Ce coefficient, correspondant à l'influence de la vitesse sur la dépense énergétique. Il varie de 0,99 pour une course à 10km/h à 1,04 pour une course à 19km/h et plus. On obtient donc la formule : $E = P \times D \times A$

Le sportif, s'il court à 10km/h dépensera 904 kcal, et s'il court à 19km/h il dépensera 949 kcal, on observe donc une différence faible. La vitesse influence donc peu la dépense calorique.

Certains éléments font varier le résultat comme le vent, s'il est de face, cela augmente la dépense calorique, on peut l'observer grâce à un cardiofréquence-mètre car le pouls

augmente. On peut donc estimer qu'à pouls équivalent, même si la vitesse diminue en présence de vent, la dépense calorique sera la même.

Le dénivelé fait également varier la dépense, car on dépense moins en descente qu'en montée même si la vitesse augmente. On peut donc calculer un "équivalent-kilomètre" en comptant

- Un facteur 1 pour chaque km accompli en montée
- Un facteur 0,7 pour chaque km accompli en descente
- Un facteur de 0,75 pour 100m de dénivelé positif

Cette méthode a ses limites car pour les terrains très accidentés, la dépense énergétique est bien supérieure. Pour estimer la dépense sur terrain accidenté, la meilleure méthode est d'utiliser une concordance entre le pouls moyen du sportif et sa vitesse correspondante sur terrain plat.

Par exemple un parcours de 5km de montée, 5 km de descente avec un dénivelé positif de 300m correspond sur du plat à : $5_{\text{montée}} + (0,7 \times 5)_{\text{descente}} + 0,75 \times 300_{\text{dénivelé +}} = 10,75 \text{ km}$ sur terrain plat.

De plus si le sportif de 73 kilos effectue une sortie de 2h en montagne avec une fréquence cardiaque moyenne voisine de 150 pulsations/minute et que cette fréquence cardiaque correspond à une vitesse sur terrain plat de 15 km/h, on peut estimer que la dépense pour la sortie en montagne sera proche de $(2 \times 15)_{\text{distance}} \times 73_{\text{poids}} = 2190 \text{ kcal}$.

3.2 L'exemple de la natation

Contrairement à la course à pied, dans la natation le poids n'est pas un fardeau. En effet il est annulé par le déplacement à l'horizontal et la flottaison.

La nature de la nage pratiquée et la vitesse déterminent la dépense calorique. Il existe malgré tout des variations interindividuelles en fonction du niveau de technique, qui réduit la dépense énergétique ainsi que la flottabilité qui varie d'un individu à l'autre.

De manière générale on peut établir le Tableau X suivant :

Style	Vitesse (km/h)	Dépense (kcal/h)
Brasse	1,2	270
	1,7	410
	2,2	600
	3,0	1000
Crawl	2,5	700
	3,0	850
Dos crawlé		600-800
Papillon		600-800

Tableau X : Dépense énergétique en fonction du style de nage et de la vitesse (Riche D 1995)

3.3 L'exemple de la voile

Il est possible d'estimer la dépense énergétique en voile en fonction du poids du skipper, de la durée et du type d'activité (Tableau XI). On distingue deux valeurs différentes de dépense énergétique par minute. Il s'agit, pour la première, de la navigation de loisir, sans manœuvres particulières, alors que pour la seconde il s'agit des manœuvres physiques que le skipper doit effectuer (hisser les voiles, changement de bord).

Activité	Poids corporel (en kg)		
	68 kg	71 kg	74 kg
Navigation de loisir	3.0 kcal/min (180 Kcal/h)	3.1 kcal/min (186 Kcal/h)	3.3 kcal/min (198 Kcal/h)
Manœuvre	6.1 kcal/min (336 Kcal/h)	6.3 kcal/min (378 Kcal/h)	6.6 kcal/min (396 Kcal/h)

Tableau XI : la dépense énergétique d'activités sportives (Mc Ardlee et al 2004)

IV. L'hydratation du sportif

Quel que soit le sport, et bien entendu en voile, l'effort physique entraîne une production de chaleur par les muscles qui est éliminée au niveau de la peau par la sueur entraînant une modification des volumes liquidiens. Pour la performance et la santé, il est nécessaire de préserver le potentiel hydrique au cours d'un effort. La déshydratation peut entraîner des crampes ou des coups de chaleur et peut également être à l'origine de pertes de vitamines et de minéraux (les principaux éliminés dans la sueur sont le sodium et le potassium). (4)

La perte hydrique peut atteindre 1 à 3L/h parfois sur plusieurs heures.

Par exemple:

1h d'entraînement entraîne une perte de 1L d'eau

1h de compétition entraîne une perte de 1,6 à 2,4L d'eau

Un match de foot ou un marathon entraîne une perte de 4L d'eau

La soif n'est pas un bon indicateur de l'état d'hydratation: quand on a soif on est déjà déshydraté à 1%. (12) (4). C'est pourquoi il est nécessaire de boire :

- Avant l'effort, pour l'aborder dans un état d'hydratation optimal
- Pendant l'effort (avant la sensation de soif), boire par petites quantités régulièrement pour les efforts de durée supérieure à 1h,
- Après l'effort pour rétablir le capital hydrique et minéral dans les plus brefs délais.

Différents facteurs influencent la rapidité de vidange gastrique et donc de mise à disposition de l'eau (13) :

- Le volume d'ingestion et la séquence de prise des boissons: Elle augmente avec le volume de boisson ingérée, mais une ingestion d'un trop grand volume d'eau entraîne des troubles digestifs pendant l'effort, le débit maximal d'ingestion est de 0,5 à 0,8l/h. Ce qui correspond à des ingestions répétées de 150-200mL toutes les 15-20min de l'exercice.

- L'osmolarité de la boisson ingérée : La vidange gastrique ralentie pour les liquides hypertoniques (ayant une osmolarité supérieure à l'osmolarité sanguine qui se situe entre 280 et 320 mosm/L). Les boissons isotoniques ou légèrement hypotoniques par rapport au plasma sanguin sont les plus adaptées à une mise à disposition rapide.
- La température de la boisson : La vidange gastrique est accélérée avec les boissons fraîches, mais l'ingestion de boisson freine le processus de thermorégulation. Il est donc conseillé de boire des boissons entre 10 et 15°C.
- L'intensité de l'exercice : La vidange gastrique varie peu pour un exercice de faible et de moyenne intensité mais est ralentie pour les efforts intenses. Un sportif fournissant un effort bref et intense doit donc éviter de boire avant un sprint ou une accélération temporaire.

Il faut également savoir que l'association de glucides et de sodium entraîne une absorption plus rapide que l'eau seule.

Recommandations pratiques

- Une pesée avant et après l'exercice : la variation de poids corporel permettant d'évaluer l'état d'hydratation du sportif. Après effort il est conseillé une réhydratation à hauteur de 1,5 fois les pertes, mais, il n'existe aucune méthode permettant d'évaluer exactement le volume hydrique à ingérer.
- L'ingestion d'une boisson avant l'exercice, en prévention de la perte d'eau inévitable au cours de l'exercice.
- Commencer à boire après le début de l'exercice, pendant l'effort, même s'il ne ressent pas la soif :
 - o en cas d'effort prolongé : 250 ml toutes les 30 min,
 - o en cas d'effort prolongé et intense: 120 ml (1 verre d'eau) toutes les 10 min,
 - o si l'effort > 3H: utiliser une association glucido-lipidique.

Un autre facteur entre en compte dans l'hydratation : les conditions climatiques. (4) En effet par temps chaud, on privilégie l'apport en eau à l'apport en glucides en raison du risque important de déshydratation. Par temps froid, on privilégie l'apport en glucose en raison de la lutte supplémentaire pour la thermorégulation, la perte d'eau sous forme de chaleur étant légèrement moins importante que par temps chaud. Mais attention, une hydratation correcte est toujours indispensable même par temps froid.

Pour un effort de longue durée (supérieure à 3h et par temps chaud) il faut compenser les pertes en sodium et en potassium avec une boisson ayant une concentration de 1,2g/l pour le sodium et 0,4g/l pour le potassium.

Pour un effort durant entre 1 et 3h, il faut compenser la perte en sodium avec une boisson ayant une concentration $<1,2\text{g/L}$.

Si l'effort et de durée inférieure il n'est pas nécessaire de compenser ces pertes.

Conclusion

Ces différents éléments nous permettent de conclure que l'apport énergétique est différent entre un sédentaire et un sportif. Des adaptations sont donc nécessaires autant quantitativement que qualitativement. De plus, le sport pratiqué (endurance ou sport explosif) amène des nuances supplémentaires dans les besoins de base. De nombreuses marques commercialisent des produits destinés aux sportifs, en remplacement ou en complément de l'alimentation, dans le but de s'adapter au plus près aux contraintes et aux besoins particuliers de chaque activité. La voile comme tout autre sport nécessite ces adaptations nutritionnelles. Ce sport nécessite également des adaptations plus spécifiques aux contraintes de climat, de durée (avec alternance de différents types d'efforts), par exemple, que nous allons étudier dans la partie suivante.

Partie 2 :

Nutrition et voile

Une diététique appropriée dans les courses à la voile est un élément très important qui est en train de devenir incontournable tout comme une bonne préparation physique technique ou psychologique. Malheureusement le paramètre alimentaire a longtemps été négligé dans le domaine de la voile, mais de plus en plus de skippers prennent conscience de son importance.

En effet, on est dans un sport de haut niveau très exigeant, mais également une discipline sportive assez particulière car les efforts varient beaucoup en fonction des conditions climatiques. C'est pour ces raisons, que de plus en plus de skippers suivent un programme nutritionnel en association avec des diététiciens, pour les courses au large.

Les pratiquants de voile, comme tous sportifs, doivent avant tout respecter les grands principes de la nutrition afin de répondre aux besoins de base, puis les adapter à l'effort fourni (fréquence, durée, intensité). Une contrainte supplémentaire propre à ce sport est celle d'un effort physique de longue durée, moyennement intense, sur lequel vient se greffer des efforts de courte durée intenses (lors des manœuvres). La nutrition du skipper doit donc répondre à ces deux aspects. Il est également important, comme pour n'importe quel sportif, de tenir compte des pertes en eau et en sels minéraux.

I. Conseils généraux en nutrition et voile

La pratique de la voile en simple régate ou sur des durées très brèves obéit aux mêmes contraintes d'efforts que tout exercice physique dans d'autres disciplines. Des contraintes supplémentaires apparaissent sur des pratiques beaucoup plus longues, de plusieurs dizaines d'heures voire plusieurs jours ou semaines.

Nous allons développer certaines erreurs alimentaires qui ont été observées chez les skippers lors de courses de longue durée (14).

- Mauvaise gestion de l'apport lipidique qualitativement et quantitativement
- Hydratation insuffisante
- Repas désorganisés avec beaucoup de grignotages

- Peu de prise en compte des conditions météorologiques dans l'alimentation (elles peuvent augmenter considérablement les dépenses)

Les nutritionnistes ont établi une liste de conseils permettant de garder une alimentation équilibrée malgré les contraintes d'une course à la voile (15)

- Choisir des glucides à assimilation lente pour limiter les pics glycémiques (variation rapide du taux de sucre dans le sang) : pâtes et légumes secs sont très adaptés car ils peuvent se consommer froid, être préparés à l'avance et se conservent bien. Pour un effort de très longue durée il faut augmenter la part de des glucides (65%) au détriment des lipides (20%) (Tableau XII). Comme nous l'avons vu précédemment, les réserves de l'organisme en glucides sont limitées et s'épuisent rapidement si l'exercice physique dure. Les apports sont donc essentiels pour maintenir la glycémie et reconstituer les réserves.
- La part des lipides, assez faible quantitativement, est tout de même essentielle et ne doit pas être négligée. Elle doit apporter des lipides d'origine animale (produits laitiers), mais également des huiles végétales (huile d'olive, de pépin de raisin...), apportant des acides gras essentiels. L'idéal est d'avoir à bord des produits laitiers, comme des fromages faciles à conserver (gouda, fromage en conserve) ainsi que des huiles qui peuvent facilement être ajoutées aux salades de légumes ou de pâtes par exemple.
- On retrouve des protéines dans les produits laitiers et les légumes secs, ces deux catégories d'aliments sont à privilégier afin d'atteindre le ratio de protéines conseillé pour une alimentation équilibrée (15% de l'apport énergétique total chez un sportif)
- Les fibres et vitamines sont apportées par les céréales (les moins raffinées possibles, c'est à dire les céréales complètes), des légumes verts (en conserve) et des fruits frais et secs.
- Les grignotages sont à éviter, le skipper doit organiser sa journée en 3 repas plus une collation l'après midi et une autre la nuit. Les produits laitiers, les céréales et les fruits sont adaptés aux collations.
- En cas d'effort prolongé, il peut être utile d'avoir des barres énergétiques de sucres rapides afin de compenser les dépenses instantanées.

- Enfin boire un minimum de 3l d'eau, surtout lorsqu'il fait chaud.

Beaucoup d'autres programmes nutritionnels spécifiques ont été mis en place avec les skippers, nous développerons tout d'abord le *Défi mousquetaire*, puis le programme *Bel Sport & Nutrition*, qui sont considérés comme des programmes de référence dans le monde de la voile en haute mer sur de longues durées.

<u>Matin</u>	80g de pain beurre (1/3 de baguette) 50g de confiture (2 cuillérées à soupe) 1 /2 pamplemousse 1 fruit cuit 1 boisson (avec ou sans sucre)
<u>Midi</u>	150g de pommes de terres avec huile végétale 100 g de poulet ou dinde 300 g de pâtes ou riz cuits + sauce + fromage rapé 1 tarte aux fruits
<u>Soir</u>	200g de potage épais (pomme de terre, carottes) 2 œufs ou 2 tranches fines de jambon (100g) 400 g de purée de pommes de terre ou pâtes ou riz cuits 250g de légumes verts cuits 60g de pain beurre fromage 300 g de fruits cuits

Tableau XII : Régime apportant 3000 Kcal (20% lipides, 15% protides, 65% glucides)

II. Les partenariats entre l'industrie agroalimentaire et les skippers : mise en place de programme d'évaluation nutritionnelle

La place de l'alimentation longtemps négligée, joue un rôle essentiel aujourd'hui dans la préparation d'une course au large. C'est pourquoi, des partenariats entre l'industrie agroalimentaire, des nutritionnistes et des skippers sont mis en place afin d'optimiser leurs performances lors des courses.

Par exemple Food Develop'ment (spécialiste dans l'innovation et le développement agroalimentaire) s'est associé avec Damien Seguin (skipper) afin de développer avec lui un programme alimentaire adapté à son activité physique et aux contraintes du milieu de la voile (16) :

- peu de temps disponible pour la préparation des repas,
- pas de moyens de conservation,
- matériel à disposition pour la préparation des repas limité.

Ce programme ayant pour but de lui permettre de maintenir une forme optimale et de résister aux conditions extrêmes rencontrées en mer.

Pour cela Food Develop'ment est parti des études menées par le médecin nutritionniste et le groupe Bel lors de la solitaire du Figaro en 2005 (16). Les résultats de cette étude avaient été mis à disposition de tous les skippers désirant les consulter, car la nutrition est un élément indispensable engageant la santé de chacun avant même la performance (15).

A titre d'illustration de ces programmes diététiques spécifiques de voile qui sont développés, j'ai choisis deux exemples.

1. Le défi Mousquetaire

Un autre exemple de programme nutritionnel est celui proposé par le groupement des mousquetaires et le défi santé nutrition. Ils se sont associés en soutenant la participation d'un sportif de haut niveau (Thomas Rouxel) pour le championnat de France de course au large en solitaire. Ceci a été fait dans deux buts (17) :

- lui fournir un programme alimentaire adapté,
- promouvoir la nutrition auprès du grand public.

Ce partenariat a pour base le PNNS (Programme National de Nutrition Santé), qui a été mis en place par le gouvernement dans le but d'améliorer l'état de santé de l'ensemble de la population française.

Le PNNS 1 (2001/2005) prévoit neuf recommandations générales (18)

- augmenter la consommation de fruits et légumes,
- augmenter la consommation de calcium,
- réduire la consommation moyenne de lipides,
- augmenter la consommation de glucides,
- réduire la consommation d'alcool,
- réduire la cholestérolémie moyenne de la population adulte,
- réduire la pression artérielle systolique chez les adultes,
- réduire de 20% la prévalence de surpoids et de l'obésité chez les enfants,
- augmenter l'activité physique quotidienne.

Le PNNS 2 (2006/2010) a été mis en place pour relancer la dynamique en faveur du progrès nutritionnel. L'industrie agroalimentaire et la distribution sont invitées à s'impliquer pour proposer une offre alimentaire plus équilibrée

- prise en compte des populations défavorisées particulièrement touchées par l'obésité,
- prise en charge par des professionnels de santé de l'obésité,
- renforcement de la promotion des actions locales en faveur d'un meilleur comportement nutritionnel,
- amélioration de la qualité et de la présentation de l'offre alimentaire.

C'est sur cette base d'une alimentation équilibrée que le partenariat entre Thomas Rouxel et la diététicienne du Défi Santé Nutrition (Virginie Auffret) a commencé en 2006.

Mise en place du programme nutritionnel :

Le défi santé nutrition consiste en un suivi à long terme de l'alimentation du skipper. Ce suivi a débuté par une enquête alimentaire qui a permis de faire le bilan des besoins et des situations rencontrées :

- période de repos, d'entraînement et de course,
- saison de la course,
- régates en double ou en solitaire.

Les habitudes alimentaires et les goûts sont d'abord identifiés, pour ensuite établir un programme nutritionnel qui en tienne compte, mais qui soit également équilibré et varié.

Au départ Thomas Rouxel a débuté ce suivi avec appréhension, il avait peur de ne plus avoir le droit de manger certains aliments qu'il appréciait. Cependant, rien n'était interdit, tout est question de quantité et de fréquence. Le moment auquel on consomme un aliment a également

toute son importance (consommer un sucre rapide à jeun génèrera un pic de glycémie important, alors que s'il est consommé à la fin du repas ce pic n'existera pas)

Selon la diététicienne, il n'y a pas de produits interdits mais certains sont superflus comme la poudre de protéines, car avec une alimentation équilibrée qualitativement et quantitativement on garde toute son endurance et on est moins fatigué (donc lucide et efficace).

Lors de l'établissement de ce programme (19) Thomas Rouxel a émis ses souhaits :

- une caisse de bord avec un poids raisonnable et un petit volume,
- des aliments et plats rapides, faciles à consommer et bons (sachant que certains aliments que les skippers aiment à terre peuvent devenir mauvais en mer et inversement).

Le programme diététique avait ses propres objectifs :

- compenser par l'alimentation tous les besoins du skipper pour limiter la perte de poids,
- éviter les carences,
- sélectionner des aliments de bonne qualité nutritionnelle,
- sélectionner des aliments se conservant à moyen et long terme.

L'avitaillement s'est fait en association avec le skipper et la diététicienne, en fonction de ses goûts, de ses habitudes alimentaires et des souhaits des deux parties.

Le skipper aime cuisiner, donc sur le championnat de France de course au large en solitaire, il ne souhaitait pas se nourrir de lyophilisé. Il a donc embarqué :

- des produits frais (fruits et légumes),
- des conserves légères (plats préparés à base de viande, de poisson et des féculents),

- quelques produits sucrés (biscuits et des "douceurs psychologiques" comme du chocolat),
- de l'eau,
- des produits laitiers,
- un peu de matière grasse.

Un bilan précis a été effectué au départ et à l'arrivée de chaque épreuve. Pour cela, la diététicienne a évalué les apports journaliers du skipper, cela lui a permis de voir s'il avait pris assez d'énergie sur chaque étape en fonction des aliments qui avaient été consommés ou pas. Tout au long du suivi la diététicienne effectue des mises au point régulières avant, pendant et après les régates afin de rectifier les erreurs.

L'objectif de ce partenariat étant de compenser les dépenses énergétiques par une alimentation appropriée en suivant les règles établies par le PNNS afin de garder un poids stable. Selon la diététicienne et le skipper, l'association porte ses fruits, car le skipper à un poids plus stable à l'arrivée et il ressent également moins de fatigue pendant les régates. Ce programme a également été repris lors de courses de durée moyenne (la Spi Ouest France), mais également sur des courses de durée très courte (le Défi Wind).

2. Le programme Bel Sport & Nutrition

Les connaissances que l'on a acquises dans la diététique en voile résultent de programmes successifs, qui permettent de connaître aujourd'hui les erreurs à ne pas commettre.

En effet, depuis 2005 le groupe Bel se penche sur les habitudes alimentaires des skippers. Le groupe a ouvert une étude pilotée par le Dr. Chauve (médecin intervenant lors de courses au large) qui a pour objectif, de faire le bilan des erreurs commises par les skippers en matière de nutrition et de les aider à progresser. Contrairement à certains sports comme le cyclisme ou l'athlétisme, la question de la nutrition en voile n'a pas été très approfondie pendant

longtemps. Mais depuis le lancement de ce programme, le Dr Chauves a observé que les skippers étaient de plus en plus demandeurs.

Une première étude a été effectuée lors de la Solitaire Afflelou Le Figaro 2005 (étapes de 2-3 jours qui s'enchainent à cadence élevée), 8 skippers ont été suivis. Plusieurs conclusions avaient été tirées (20)

- les coureurs s'étaient sous alimentés : 1500 Kcal en moyenne par jour au lieu des 5000 nécessaires ;
- leurs apports nutritionnels étaient très déséquilibrés : trop de glucides simples au détriment des protéines.
- dans ces situations les habitudes nutritionnelles ont tendance à s'exacerber pour compenser le stress ; la consommation excessive de sucre rapide a été l'une des meilleures preuves.

La seconde étude s'est déroulée en avril 2006 sur la transat Ag2r (course en double), où parmi les 4 équipages sélectionnés, 4 coureurs avaient déjà participé au premier volet de l'étude. Il était donc intéressant de voir si les skippers reproduiraient les mêmes comportements. (20)

Les conclusions de cette deuxième étape de l'étude ont été les suivantes :

- Les skippers n'ont là non plus, pas assez mangé. Pour courir avec un bateau plus léger beaucoup n'ont pas embarqué assez de nourriture et ont été obligés de se rationner avant l'arrivée.
- Les repas ont par contre été beaucoup mieux équilibrés que sur la Solitaire. Sur une course en double, le stress est moins présent et cuisiner renforce la convivialité.

Le 3^{ème} volet de cette étude a eu lieu lors de la Solitaire Afflelou Le Figaro 2006 (15). 7 skippers ont été sélectionnés, dont 3 ayant participé aux 2 précédentes études (Samantha

Davis, Jeanne Grégoire et Kito de Pavant), les 4 autres commençant l'étude avec ce 3ème volet (Nicolas Bérenger, Jean-Pierre Dick, Franck Le Gal et Jean-François Pellet).

Comme pour la Solitaire de 2005, le recensement de ce qui a été embarqué et débarqué à l'arrivée de chaque étape a été effectuée afin de savoir exactement ce qui a été consommé pendant l'étape pour définir les apports caloriques, le profil nutritionnel et les erreurs commises. De plus les skippers ont tenu en mer un journal de bord avec la composition de leur repas.

Ils ont aussi été pesés au départ et à l'arrivée des étapes. Ces valeurs permettent de savoir si leurs apports pendant la course avaient été suffisants mais également si la nutrition de récupération aux escales était adaptée. Et, une nouveauté depuis la transat Ag2r, il a été mesuré le taux de masse grasse des skippers, afin d'avoir une indication plus précise sur la perte de poids.

Les skippers ayant déjà participé aux autres volets de cette étude ont tenu compte des résultats précédents, ils ont déclaré avoir pris conscience de l'importance d'apports alimentaires réguliers (5 vrais repas et moins de grignotage), suffisants et bien équilibrés (moins de sucres rapides et plus de fruits et légumes). Leur apport calorique a été beaucoup plus élevé permettant ainsi de compenser les dépenses. Cela s'est traduit par des moments de fatigue moins fréquents et une fatigue générale moins marquée. Ces impressions des skippers étaient en concordance avec leurs valeurs de poids et de masse grasse qui sont restés stables malgré un mois d'effort constants

Pour le second groupe de skippers (n'ayant pas participé aux volets précédents), la plupart ont perdu du poids (de 1 à 4 kilos) et tous ont un indice de masse grasse qui a diminué. Ces deux éléments traduisent une insuffisance d'apport, en effet, l'organisme ne trouvant pas l'énergie nécessaire dans les ressources externes a été obligé de puiser dans les réserves. Ces résultats ont été confirmés par l'évaluation de leur apports, qui ont été pour ce groupe, nettement insuffisants tout au long des différentes étapes.

Les trois volets de cette étude montrent l'intérêt d'une nutrition bien menée lors d'une course à la voile, au même titre que dans n'importe quel autre sport d'endurance (les skippers

effectuant des efforts de longue durée). Les bénéfices d'une nutrition adaptée sont observés à deux niveaux:

- au niveau du ressenti personnel des skippers (moins de fatigue et de "coups de pompe", donc plus d'efficacité),
- au niveau médical (moins de variations de leur poids et de leur masse grasse).

III. Préparation diététique en phase d'entraînement et de pré compétition

En parallèle de la correction des erreurs nutritionnelles pour maintenir les performances lors des courses en haute mer, on s'est intéressé à l'adaptation du régime en période de pré-compétition afin de préparer au mieux les skippers à l'épreuve sportive.

Une adaptation du régime alimentaire pendant la période qui précède la compétition permet de constituer des réserves en glycogènes, de réparer les tissus musculaires et d'éviter des carences. Cette adaptation a pour but d'améliorer les performances.

1. Les effets d'un régime hyper protéiné sur la performance des skippers

Les protéines absorbées dans l'intestin sont transformées en acides aminés, qui seront biodisponibles au niveau sanguin. Ces acides aminés serviront à l'équilibre entre la synthèse protéique et la protéolyse (Figure 5) au niveau des muscles et seront également catabolisés au niveau des hépatocytes soit pour fournir des corps cétoniques qui seront utilisés dans le cycle de Krebs afin de fournir de l'énergie, soit dégradé en ammoniacque (composé très toxique). L'ammoniacque sera ensuite intégré au cycle de l'uréogénèse, pour fournir de l'urée qui est un composé atoxique, qui sera ensuite éliminée par le rein.

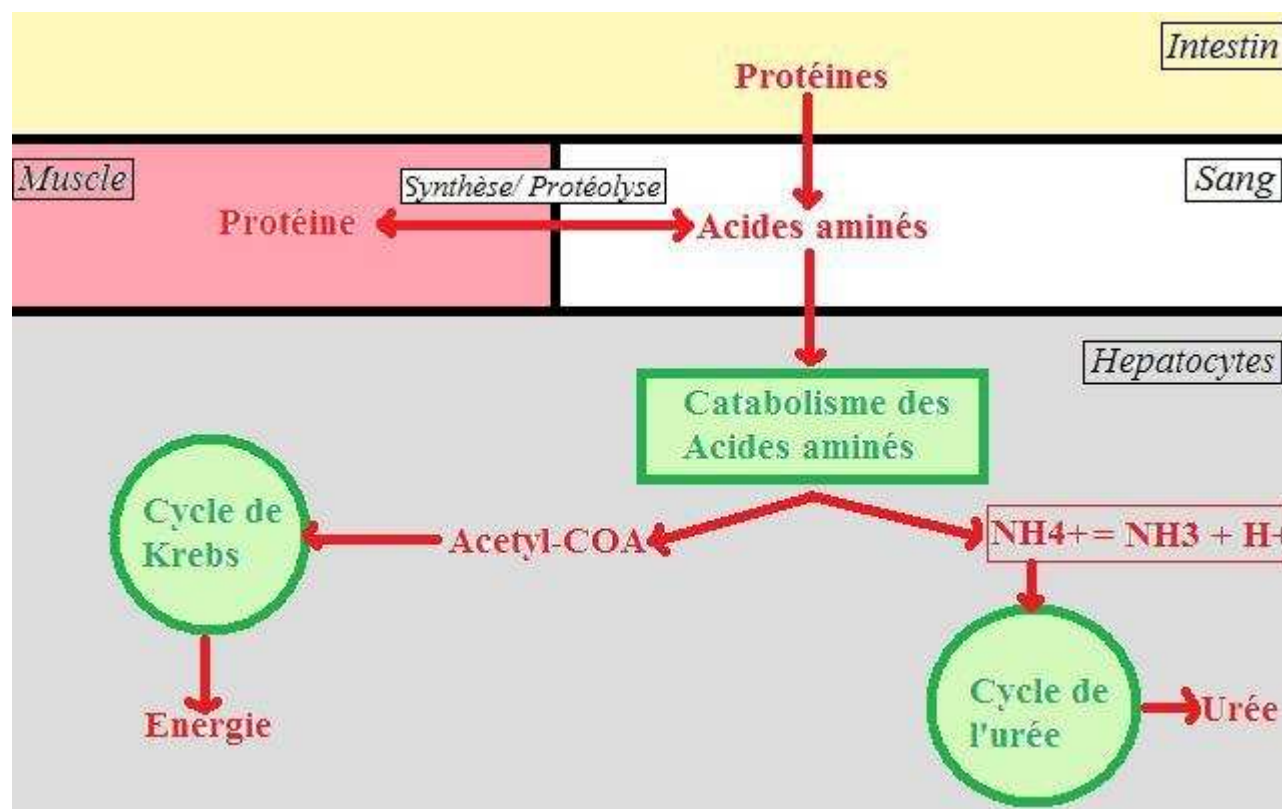


Figure 5 : Catabolisme des protéines et utilisation des acides aminés

Les effets d'un régime hyper-protéiné n'ont que peu d'intérêt chez le sportif mis à part dans les sports de force, pour lesquels il est malgré tout controversé (13). En effet, des études montreraient qu'augmenter le ratio de protéines en dehors d'un travail de musculation régulier, visant à augmenter la masse musculaire, conduirait uniquement à augmenter le catabolisme protéique (21). Elles ont toutefois un intérêt dans la reconstruction des tissus après effort, afin de maintenir une balance azotée positive, mais, si un surplus de protéines est apporté après réparation musculaire, il sera détruit et éliminé.

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement à l'enrichissement spécifique de l'alimentation en acides aminés à chaîne ramifiée. Les acides aminés à chaîne ramifiée comme la leucine, la valine et l'isoleucine sont susceptibles d'interférer avec le tryptophane au niveau

du système nerveux central, retardant l'apparition de la fatigue. (22). Une étude s'est intéressée aux effets de cet enrichissement (23) sur :

- l'effort perçu,
- la performance mentale et physique.

Lors d'une course à la voile en mer qui a duré 32 heures douze marins ont été répartis au hasard en deux groupes (n = 6/groupe)

- groupe de contrôle (CON),
- groupe BCAA.

Le groupe BCAA consomme un régime standard de 2675 Kcal/jour :

- 58% de glucides = 1552 Kcal,
- 30% de lipides = 803 Kcal,
- 12% de protéines = 321 Kcal.

On ajoute à ce régime standard un premier supplément de 406 Kcal/jour composé de :

- 40% de glucides = 162 Kcal,
- 25% de lipides = 102 Kcal,
- 35% de protéines = 142 Kcal.

Puis un deuxième supplément de 406 Kcal/jour composé de BCAA, (50 % de valine, 35% de leucine et 15% d'isoleucine), on a un régime global de 3487 Kcal/jour au total :

- les calories apportées par les glucides représentant = 1714 Kcal,

- les calories apportées par les lipides représentant= 905 Kcal,
- Les calories apportées par les protéines représentant= 868 Kcal.

Ce régime équivaut à :

- 49% de glucides,
- 26% de lipides,
- 25% de protéines.

Le groupe de contrôle a reçu un régime standard de 3463 Kcal/jour :

- 58% de glucides,
- 30% de lipides,
- 12% de protéines.

Pendant l'étude les sujets ont auto-évalué leur sentiment de fatigue toutes les 3 h grâce à une échelle.

Avant et après la course, un saut vertical et un test de préhension ont été effectués, les performances mentales ont été également évaluées avec une batterie standardisée de tests.

Une augmentation de la sensation de fatigue a été observée sur le deuxième jour (D2) de la course dans les deux groupes, mais l'augmentation a été plus élevée dans le groupe de contrôle.

Il n'y avait aucun changement dans la performance physique à la fin de la course dans les deux groupes.

Une diminution des performances de la mémoire à court terme n'a été observée que dans le groupe de contrôle. Ces conséquences néfastes semblent être réduites par un régime riche en protéines. Du fait du manque d'études sur le sujet, il n'est pas possible de conclure de façon affirmative quand à l'effet réel d'une augmentation de l'apport en acides aminés ramifiés par rapport à une augmentation de l'apport protéique global. Cet effet des acides aminés ramifiés sur la vigilance reste à ce jour purement théorique, aucune étude n'a montré d'effet réel.

En revanche, il convient de garder à l'esprit qu'une augmentation importante de la disponibilité de protéines dans le plasma conduit à une augmentation de l'ammoniémie dont on connaît les effets délétères pour le corps humain. Les valeurs normales de l'ammoniémie étant comprises entre 11 et 45 micromole/L.

Quand le taux de protéine dépasse 35% de l'apport énergétique journalier, les protéines peuvent avoir des effets très néfastes sur le corps humain, en l'absence d'hydratation suffisante (minimum 2 litres).

Avec ces données, une recommandation maximum afin d'éviter tout risque de toxicité chez un sujet en bonne santé avec des fonctions hépatiques et rénales normales est d'environ 25%. Les régimes hyper-protéinés au delà de 25% doivent s'accompagner d'une hydratation suffisante et ne pas se prolonger plus de quelques jours.

2. Les effets d'un régime enrichi en glucides

Les glucides permettent de constituer les réserves en glycogène, source principale d'énergie dans l'exercice physique. Cette augmentation des réserves est intéressante dans les efforts prolongés (course à la voile) car elle permet de retarder le moment où les réserves sont épuisées et donc de retarder l'apparition de la fatigue physique.

Le régime dissocié scandinave (RDS) (24)

Parmi les régimes visant à augmenter les apports glucidiques on peut citer le Régime Dissocié Scandinave (RDS). L'objectif est l'obtention d'un taux de glycogène élevé au moment de l'épreuve. Il existe en effet une relation positive entre le taux de glycogène musculaire et la

performance en endurance. Ce régime est adapté aux efforts physiques de durée courte et moyenne. Les réserves constituées par ce régime n'étant pas illimitées, elles s'épuisent en quelques jours. Dans le cas de la voile ce régime est adapté aux régates de courte durée mais pas aux courses de plusieurs mois

Le RDS comporte trois étapes : (25)

- J-7: étape d'épuisement des réserves de glycogène musculaire par la réalisation d'un exercice mené jusqu'à épuisement (course au seuil menée jusqu'à épuisement)
- J-7 à J-4: étape de préparation à la stimulation de la synthèse de glycogène. Cette étape consiste en une alimentation pauvre en glucides et riche en lipides et protéines (10% de glucides, 55% de lipides et 35% de protéines) associée à un entraînement intense de manière à accentuer la déplétion en glycogène
- J-3 à J-1: étape de synthèse maximale du glycogène en adoptant une alimentation hyper glucidique (70% de glucides sous forme de lentilles, pâtes...). Pendant cette période, l'entraînement sera réduit voir arrêté.

Ce régime est très efficace pour augmenter les réserves en glycogène, mais il a également de nombreux effets secondaires :

- perte de poids,
- troubles digestifs,
- fatigue,
- diarrhée,
- hypoglycémie,
- troubles de l'humeur.

Le régime dissocié modifié (RDM) (26)

Le RDS a de nombreux effets secondaires, c'est pourquoi, le régime dissocié modifié est plus utilisé car beaucoup mieux toléré avec les mêmes bénéfices au niveau de l'augmentation des réserves de glycogène.

Dans ce régime, l'alimentation de J-6 à J-4 est normo glucidique (40 à 50% de glucides) et celle de J-3 au jour J est hyper glucidique comme dans le RDS (70% de glucides).

Régime de J-6 à J-4: pour une base de 3100 Kcal

Petit Déjeuner :

Boisson chaude non sucrée

Lait de soja (300 ml)

Pain 100g (1/2 baguette)

Beurre (30 g) (équivalent à 3 micropains)

Fruit Frais (1 unité)

Exemple de petit déjeuner :

Un bol de lait de soja (ou amande)

1/2 demi-baguette beurrée (semi-complète)

1 verre de jus d'orange pur jus ou d'une orange

+/- 1 boisson chaude non sucrée (thé, café, infusion)

Collation en cours de matinée :

Fruits Frais crus (2 unités)

Exemple de collation en cours de matinée :

2 à 3 kiwis selon la grosseur

+/- 1 boisson chaude non sucrée (thé, café, infusion)

Déjeuner :

Légumes Frais crus ou cuits (150 g)

Huile d'olive et/ou colza (10 g = 1 Cuillère à Soupe)

Viande et/ou Poisson (220 g)

Légumes frais cuits (300 g)

Huile d'olive et/ou colza (10g = 1 Cuillère à Soupe)

Yaourt au lait de soja (125 ml)

Pain (80 g = 1/3 de baguette)

Exemple de déjeuner :

Salade d'endives aux noix + vinaigrette à base d'huile de colza,

Pavé de saumon à l'huile d'olive + purée d'oseille

Dessert lacté au soja sans sucre ajouté

1/3 de baguette (semi- complète) ou 200 g de riz sauvage.

Collation en cours d'après midi :

Fruits frais crus ou cuits (2 unités)

Pain (40g = 1/6ème baguette)

Fromage (2 parts = 60g)

Exemple de collation en cours d'après-midi :

2 pommes

1/6 de baguette + 2 parts de fromage (chèvre ou brebis)

+/- 1 boisson chaude non sucrée (thé, café, infusion)

Dîner :

Légumes Frais crus ou cuits (150 g)

Exemple de dîner :

Huile d'olive et/ ou colza (10 g = 1 Cuillère à Soupe) Viande et/ou Poisson (220 g) Féculents (300 g) Huile d'olive et/ou colza (10g = 1 Cuillère à Soupe) Yaourt au lait de soja (125 ml) Pain (40 g = 1/6ème de baguette)	Rôti de dindonneau + tagliatelles + ratatouille niçoise. Dessert lacté au soja sans sucre ajouté 1/6 de baguette
<u>Régime de J-3 à J-0: pour une base de 3100 Kcal</u>	
<u>Petit Déjeuner :</u>	
Boisson chaude sucrée (éq. 10 g sucre) Lait de soja ou yaourt (125 ml) Pain 120g (2/3 baguette) Produits sucrés (éq. 120 g sucre) Fruit frais (1 unité) ou jus d'orange (15 cl)	<u>Exemple de petit déjeuner :</u> Un verre de lait de soja (ou amande) 2/3 de baguette 120 g de confiture standard 70 g d'abricots secs (ou figues sèches) 1 verre de jus d'orange ou de pamplemousse 1boisson chaude sucrée (thé, café, infusion)
<u>Collation en cours de matinée :</u>	
Fruits frais crus (2 unités) Boisson chaude Produits sucrés (éq. 30 g) Boisson NUTRAPERF (1 stick pour 500 ml)	<u>Exemple de collation en cours de matinée :</u> 2 kiwis 70 g d'abricots secs (ou figues sèches) 1 boisson chaude non sucrée 500 ml de Boisson NUTRAPERF (1 stick)
<u>Déjeuner :</u>	
Légumes frais crus ou cuits (200 g) Viande et/ou Poisson (100 g) Légumes frais cuits (300 g) Huile d'olive et/ou colza (15 g = 1.5 Cuillère à Soupe) Pain 40 g (1/6ème baguette)	<u>Exemple de déjeuner :</u> Méli- mélo de chou rouge Vinaigrette à base d'huile de colza Emincé de dinde au curry Haricots plats 1/6 de baguette (semi- complète) ou 100 g riz blanc
<u>Collation en cours d'après midi :</u>	
Fruits frais crus ou cuits (2 unités)	<u>Exemple de collation en cours d'après-midi :</u>

Pain 40 g (1/6 baguette) Produits sucrés (éq. 40g sucre) Boisson NUTRAPERF (2 stick pour 1L)	2 pommes 1/6 de baguette + 50g de confiture +/- 1 boisson chaude non sucrée 1 litre de Boisson NUTRAPERF (deux sticks)
<u>Dîner :</u>	
Légumes frais crus ou cuits (200 g) Viande ou poisson (100 g) Féculent (200 g) Huile d'olive et/ ou colza (15 g = 1.5 Cuillère à Soupe)	<u>Exemple de dîner :</u> Risotto parfumé aux fruits de mer et poivrons.

Tableau XIII : Exemple de repas dans le cadre du RSM [www.nutratletic.com]

Des boissons de l'effort hyper glucidiques peuvent être utilisées dans le cadre régime RDM afin d'atteindre plus facilement le ratio de glucides dans la 2ème partie (J-3 à J0) du régime.

Voici l'exemple de la boisson (NUTRAPERF), qui se présente sous forme de stick de 40g à dissoudre dans 500mL d'eau et dont la composition est la suivante:

<u>Analyse moyenne</u>	<u>Par dose de 40 g</u>	<u>AJR* pour 40 g</u>
Energie	147 Kcal (627 kJ)	
Protéines : BCAA: leucine, isoleucine, valine	2 g	
Glucides : Maltodextrines, dextrose, fructose	34,8 g	
Lipides	Traces	
Fibres	0,1 g	
Sodium	342 mg	
Magnésium	50 mg	16,6%
Zinc	2,5 mg	16,6%
Vitamine B1	0,35 mg	25%
Vitamine B2	0,2 mg	12,5%
Vitamine B3	4,5 mg	25%
Vitamine C	7,5 mg	12,5%
Vitamine E	2,5 mg	25 %
Caféine	37,5 mg	
Curcumine : extrait de curcuma	125 mg	
Pipérine : extrait de poivre noir	1,3 mg	

Tableau XIV : Composition de la boisson hyper glucidique NUTRAPERF

[www.nutratletic.com]

- Les glucides (sucres simples et complexes) retardent la diminution des stocks de glycogène.
- Les acides aminés branchés (BCAA) présentés comme contribuant à limiter les dommages musculaires lors d'effort prolongés, des études (cf. partie 2; III; 1) montrent qu'ils diminuent la sensation de fatigue.

- Des études cliniques (3) menées chez les sportifs montrent que la complémentation en caféine pendant l'effort augmente la concentration sanguine des glucides et des lipides (Figure 6), pouvant ensuite être utilisés comme source d'énergie. En effet on observe sur le tableau ci-dessous que la concentration sanguine en glycérol (précurseur du glucose issu des acides gras) et en AGL (acide gras libre) est plus importante chez les sujets qui ont reçu une complémentation de caféine. Cette mise à disposition plus importante des nutriments entraînant l'amélioration des performances (Figure 7). C'est pour cette raison que le CIO (comité international olympique) a fixé une concentration urinaire maximale en caféine (12 mg/ml). Les sportifs doivent savoir que 600 à 800mg de caféine absorbés dans les 30 minutes précédant le test anti-dopage peuvent le rendre positif. Dans le cadre de cette boisson (NUTRAPERF) énergétique, la concentration en caféine est largement inférieure.

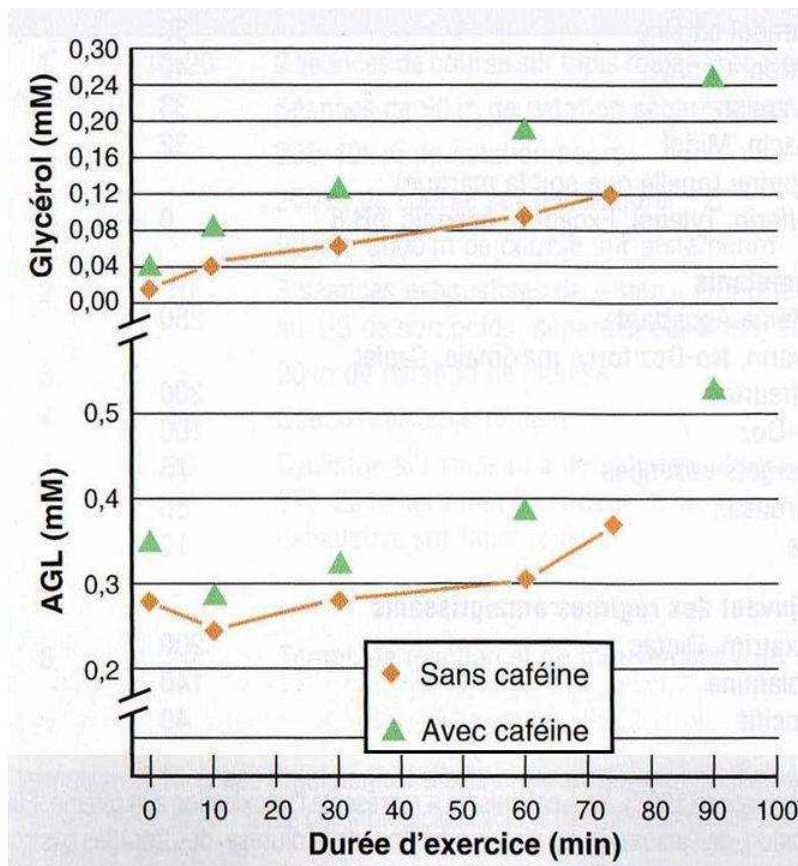


Figure 6 : Valeurs moyennes du glycérol, des AGL en fonction de la durée de l'exercice, avec et sans consommation de caféine (McArdlee et al. 2004)

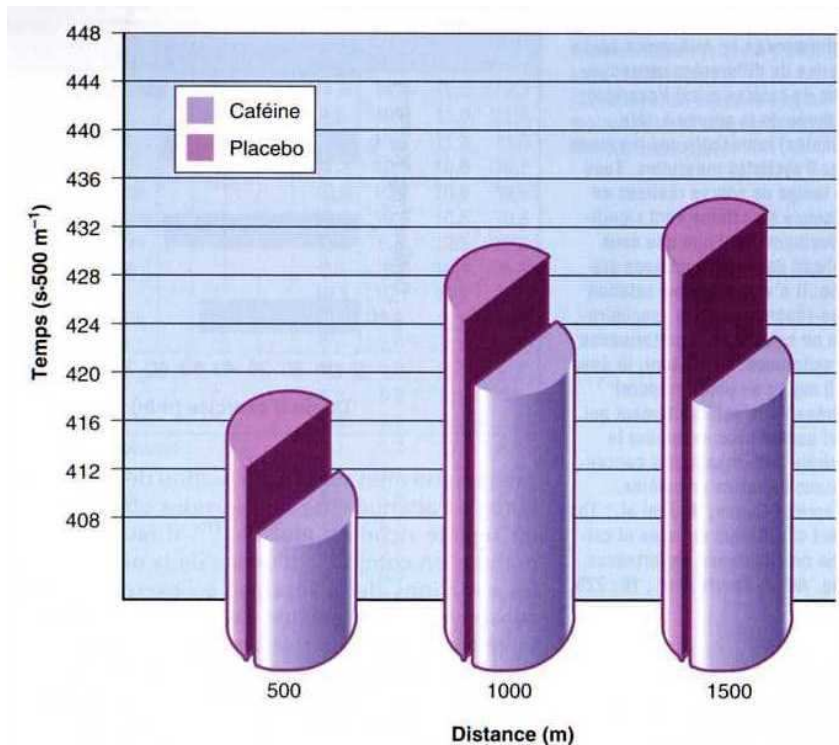


Figure 7 : Temps de passage à chaque 500m lors d'une épreuve de natation avec et sans ingestion de caféine (McArdlee et al. 2004)

- La curcumine, la pipérine, les vitamines C et E ont une action antioxydante. Cette action est très importante chez les sportifs car l'activité physique entraîne la production d'une quantité de radicaux libres plus importante qui peuvent altérer les défenses naturelles de l'organisme. L'activité physique induit également des lésions tissulaires. Les antioxydants limitent ces deux facteurs. (24)
- Le chlorure de sodium est important pour compenser les pertes lors de l'effort physique. Il faut également savoir que l'association de glucides et de sodium entraîne une absorption plus rapide que l'eau seule.
- Le citrate de magnésium permet de lutter contre les crampes
- L'apport de zinc est intéressant pendant l'effort en raison de l'importance de ses pertes dans la sueur.

- Les cofacteurs vitaminiques B1, B2 et B3 agissent au niveau du cycle de Krebs pour faciliter la transformation des nutriments en énergie. (3)

La nutrition des skippers est un élément devenu incontournable dans l'amélioration des performances. La base essentielle reste une alimentation équilibrée. Nous avons décrit quelques spécificités nutritionnelles adaptées à la pratique de la voile en général. Or, la pratique des courses en haute mer sur de longues périodes entraînent des contraintes supplémentaires. Nous allons donc étudier le cas du Vendée globe, pour lequel le volume embarqué doit être le plus faible possible et le matériel de cuisine très restreint.

Partie 3 :

Éléments

caractéristiques

du Vendée-Globe

Le Vendée globe est une course autour du monde particulière par deux aspects :

- il s'agit d'une course en solitaire sans assistance,
- elle dure plusieurs mois.

I. Le parcours du Vendée-Globe

Les skippers effectuent un tour du monde dans le "bon sens", c'est-à-dire qu'il l'effectuent dans le sens des vents dominants : en descendant dans l'Océan Atlantique Nord, puis l'Océan Atlantique Sud, en tournant à l'est pour passer le Cap de Bonne Espérance puis en faisant le tour de l'Antarctique, via l'Océan Indien et l'Océan Pacifique, avant de remonter dans l'Océan Atlantique via le Cap Horn.

Ce parcours représente un peu plus de 24 000 miles. Sachant que 1 mile marin équivaut à 1,852km, les skippers effectuent une course d'environ 44 448km.

Les skippers calculent et choisissent leur route mais ils doivent passer par des "portes" imposées, elles sont au nombre de huit.

Les six premières portes sont définies pour que les concurrents ne puissent pas descendre trop sud, où les risques de collision avec des glaces dérivantes seraient plus importants :

- Porte Atlantique,
- Porte Kerguelen,
- Porte Ile Heard,
- Porte Nouvelle Zélande,
- Porte ouest Pacifique,
- Porte est Pacifique.

Les deux dernières portes sont définies pour que les concurrents ne naviguent pas à plus de 1000 milles des côtes sud de l'Australie. Ce qui permettrait aux secours australiens de faire un

repérage par avion de plus d'une heure sur un éventuel skipper en détresse. Ce repérage serait d'une durée plus courte si l'éloignement du skipper était supérieur à 1 000 milles.

- Porte ouest Australie,
- Porte est Australie.

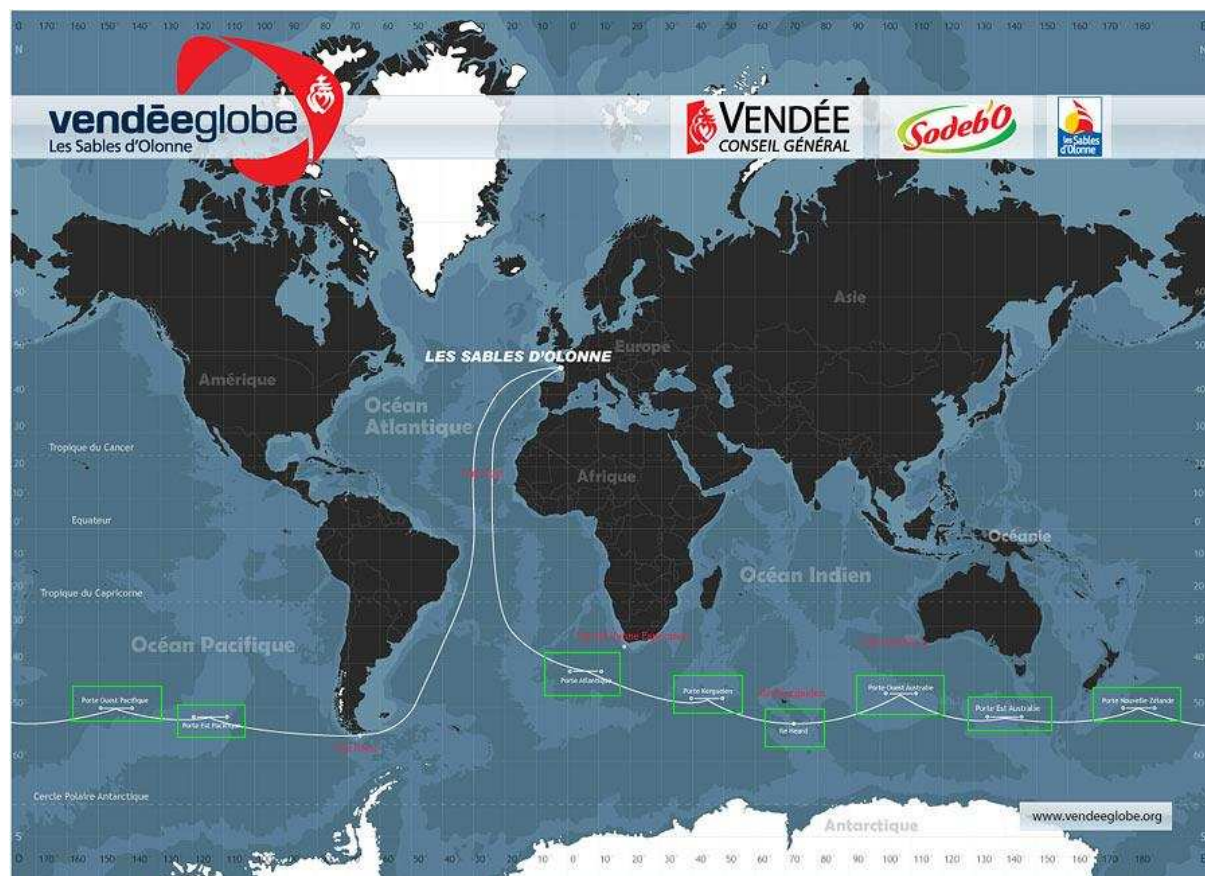


Figure 8 : Les huit portes du Vendée-globe [www.vendeeglobe.org]

Les portes sont constituées d'un ensemble de point de même latitude, limitées à l'est et à l'ouest par une longitude. Elle mesure 445 milles, ce qui équivaut environ à une journée et demie de navigation.

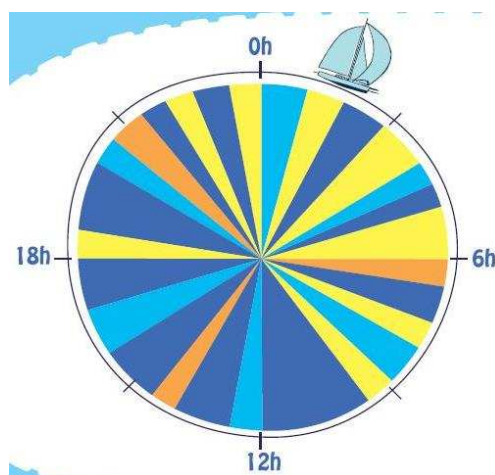
Par exemple la porte Atlantique est située à une longitude de 42° sud et ses extrémités sont 01° 00 Est et 11° 00 Est

Les concurrents doivent passer au moins une fois au nord d'un des points de la porte pour que le passage puisse être validé, ils laissent donc la porte à tribord⁽⁵⁾.

II. Les contraintes dues à la course et adaptations nutritionnelles

Le Vendée-Globe est une course à la voile autour du monde sans escale et sans assistance. Elle se déroule en solitaire et dure plusieurs mois, c'est donc un sport d'endurance sur laquelle vient se greffer des efforts brefs et intenses (lors des manœuvres), ce qui est déjà une contrainte nutritionnelle.

L'organisation du skipper est rythmée par différentes activités, on peut les représenter de façon schématique. Elles sont bien évidemment variables selon les conditions météo et les zones traversées. Dans le gros temps l'horaire des repas et le temps consacré sera décalé et diminué.



	Temps de sommeil fractionné en petite tranche, en moyenne 5h par jour, pendant ce temps la le pilote automatique prend le relais
	Temps de surveillance de la météo et de calcul de la route environ toute les 4h car le temps change vite
	Temps de réglage des voiles et temps passé à la barre
	Temps de repas, en moyenne 3

Figure 9 : Représentation schématique d'une journée d'un skipper pendant le Vendée-Globe
[www.vendeeglobe.org]

La vie en mer demande beaucoup d'énergie et demande une adaptation supplémentaire à l'homme pour faire face à de nouvelles contraintes. Cette adaptation entraîne une augmentation des besoins énergétiques et donc des adaptations nutritionnelles supplémentaires sont nécessaires.

1. Le mouvement du bateau

Le déséquilibre permanent lié aux mouvements du bateau et à la recherche de la verticalité, entraînent un travail nerveux et musculaire incessant provoquant une dépense énergétique pouvant atteindre 800 à 1000kcal. Si le temps est mauvais la dépense sera encore plus augmentée.

2. La température

La température est basse en première partie de course (Golf de Gascogne), chaude et humide le long de la côte africaine (jusqu'à 50°C), puis particulièrement froide lors du contournement de l'Antarctique (jusqu'à -40°C), et enfin elle se réchauffe lors de la remontée le long de l'Amérique du Sud (jusqu'à 50°C).

Prenons l'exemple de Michel DESJOYEUX lors du Vendée Globe 2008-2009.

- Il franchit le cap de Bonne-Espérance en 5 semaines (température chaude et humide)
- Passe au large de la Nouvelle-Zélande au bout de 6 semaines (température particulièrement froide)
- Arrive au cap Horn en 8 semaines (températures froides se réchauffant)
- Depasse l'équateur au bout de 11 semaines (températures chaudes)

- Arrive aux Sables-d'Olonne en 12 semaines (84 jours 3 heures 9 minutes et 8 secondes)

Par temps froid, la lutte contre les pertes de chaleur est difficile car il ne faut pas oublier que les bateaux ne sont pas chauffés. Quatre causes sont identifiées comme causant une déperdition de chaleur :

- les pertes par le rayonnement du corps,
- les pertes par évaporation de la sueur,
- les pertes par l'action du vent = la convection⁽²⁾ : selon la force du vent la sensation de froid est augmentée, par exemple, avec un vent de 30 nœuds,
 - o à 10°C la température ressentie est de -3°C
 - o à 5°C la température ressentie est de -11°C
 - o à 0°C la température ressentie est de -18°C
- les pertes par la conduction⁽³⁾ du milieu dans lequel se trouve le corps : dans l'eau la déperdition calorifique est 25 à 30 fois plus rapide que dans l'air.

Certaines zones du corps humain sont plus sensibles à cette déperdition de chaleur. La tête par son importante surface d'exposition favorise une grande perte de chaleur, il est donc nécessaire pour les skippers de toujours se protéger la tête. D'autres zones sont également à protéger en priorité : le cou, les flancs et l'abdomen.

Sur un plan purement schématique, on peut comparer le corps humain à un œuf, où le jaune représente les organes vitaux (cœur, poumons, cerveau) qui doivent impérativement être maintenus à 37°C. Le blanc représente l'enveloppe protectrice du jaune et la zone d'échange avec l'extérieur (composée des muscles en grande partie), son rôle est de faire tampon et d'absorber les écarts thermiques afin que la température du jaune reste constante. La coquille, elle représente la peau. Les vaisseaux sanguins servent à transporter les calories entre les différentes parties.

Afin de protéger les organes vitaux plusieurs mécanismes de thermorégulation⁽⁴⁾ sont mis en place (27):

- En premier lieu les vaisseaux cutanés se dilatent pour aider les calories du corps à s'échapper, au contraire lorsqu'il fait froid les vaisseaux se rétractent pour limiter au maximum le refroidissement du sang. Le débit du sang circulant dans notre peau/minute passe de 3.5l à 0.3l, rendant la peau pâle et froide, surtout au niveau des extrémités. Une peau moins irriguée perd son élasticité et devient plus sensible aux chocs et aux blessures (crevasses, engelures, blessures diverses). Le faible débit entraîne un ralentissement de la cicatrisation ainsi qu'un risque augmenté de développement d'infection. La sensibilité est également diminuée et la peau plus raide. Ces phénomènes sont encore plus augmentés par le port d'un ciré car les manchons serrés aux poignets (afin d'éviter les entrées d'eau) induisent un effet "garrot", ce qui accentue encore plus le déficit circulatoire au niveau des mains. Elles gonflent et sont encore plus exposées aux infections
- Lorsque la chaleur ne peut pas être maintenue grâce à ce phénomène, les muscles en produisent. C'est un "moteur thermique" qui produit de la chaleur et de l'énergie mécanique (4 fois plus de chaleur que d'énergie mécanique). A l'effort, il produit 800 watts de chaleur, contre 90 au repos.
- Si le travail musculaire est insuffisant et que la chute thermique a débuté, l'organisme augmente de lui même la production de chaleur musculaire en provoquant des frissons (contractions involontaires), ce qui augmente une production de chaleur de 400 watts. Mais ce système est énormément consommateur d'énergie et ne peut persister que quelques heures. Cette réaction de l'organisme doit surtout inciter à prendre de meilleures précautions pour se protéger du froid
- En dernier lieu l'organisme va activer ses propres combustions internes. Les besoins énergétiques augmentent de 5% pour lutter contre le froid par perte de 10% de la température extérieure. Ces calories supplémentaires proviennent de l'alimentation, mais également des réserves (en particulier des graisses). A savoir que chez l'homme la masse grasseuse représente 10 à 25% du poids du corps (20 à 35% chez la femme). Toute la masse grasseuse ne peut pas être utilisée. Par exemple chez un homme de 70kg, ayant 20% de graisse, 10kg peuvent être brûlés. Il y a 9,3 kcal/gramme, donc 100 000 Kcal sont ainsi disponibles. D'autres sources existent, comme les calories des protéines ainsi celles du glycogène. Les réserves sont donc grandes.

Afin de prévenir les problèmes cutanés il est important de stimuler la circulation au niveau des zones exposées. Par exemple après une manœuvre sur le pont, il est bénéfique de plonger ses mains dans de l'eau tiède avec de l'antiseptique. La chaleur favorise la dilatation des petits vaisseaux, ce qui les maintient en bon état. Elle favorise également l'apport des éléments nutritifs indispensables pour la régénération des cellules cutanées.

L'acclimatation au temps froid demande une quinzaine de jours. Délais nécessaire pour que la physiologie soit réorganisée et que le corps intègre dans son fonctionnement le mécanisme de défense contre le froid, délais après lequel la sensation d'inconfort due au climat aura tendance à régresser.

Dans les zones froides il faut privilégier les lipides qui servent de combustible principal dans le mécanisme de thermorégulation, permettant donc de garder une température corporelle normale. Les skippers peuvent par exemple ajouter du fromage ou de l'huile dans leurs plats. Ils peuvent également consommer des fruits secs qui sont riches en lipides.

3. Le sommeil

Le temps total de sommeil des skippers est plus court pendant une course en solitaire, qu'à terre. Cette durée réduite est associée à une activité mentale importante. La durée relativement longue du Vendée Globe impose une bonne forme physique dans la durée aussi bien le jour que la nuit et sans répit. Une préparation rigoureuse avec des moments de récupération est donc indispensable ainsi qu'une bonne gestion de l'alimentation pour maintenir les performances malgré le peu de sommeil. En effet la course au large est une discipline très particulière où celui qui dort peu a les meilleures chances d'être en tête. Mais il est malgré tout indispensable de dormir suffisamment afin d'éviter les conséquences du manque de sommeil. Car après 20h sans sommeil, les premiers troubles commencent à apparaître : erreur tactiques, maladresses dans les manœuvres, mauvais réglages... il est malheureusement bien souvent difficile de s'en rendre compte seul. Si un coureur accumule une dette de sommeil trop importante des phénomènes hallucinatoires peuvent apparaître mettant en cause la vie du skipper. D'où la question cruciale : comment dormir le moins possible tout en restant efficace ?

Les skippers utilisent pour cela le sommeil fractionné mais la transition n'est pas toujours facile surtout pour les individus habitués à dormir d'une seule traite. Il nécessite donc un apprentissage grâce à de nombreuses navigations solitaires.

Des études menées par le R.E.L.A.C.S (Laboratoire de Recherche Littorale en Activité Corporelle et Sportive) avec des coureurs au large ont montré qu'il existe deux périodicités principales de sommeil fractionné

- **les périodes d'1h30 à 2h** qui correspondent à la durée moyenne d'un cycle de sommeil. Cette périodicité est la plus classique. Pour s'endormir facilement et avoir un repos de qualité il faut autant que possible, conserver un rythme circadien et être à l'écoute de son corps. Lorsque le skipper ressent un moment de fatigue avec des signes comme : bâillement, léthargie, manque de concentration... Ce sont des moments correspondants à des "portes d'entrée du sommeil", correspondant à des demandes de repos de l'organisme. Ce sont des moments privilégiés qu'il faut détecter pour s'engouffrer dans le sommeil. Ces moments varient selon les individus. Il est important de bien se caler sur leur propre rythme afin d'obtenir la vigilance et l'efficacité maximum.
- **les périodes de sommeil de 15 à 30 minutes** qui sont de véritables "concentrés de sommeil". Sur certaines courses très intenses pour rester en contact avec les adversaires. Ce sommeil ultra court n'est possible que lorsque le skipper présente une dette importante de sommeil.

Les quarts de nuit sont les plus difficiles car ils sont en opposition avec le rythme chronobiologique naturel (dans lequel la nuit est un moment de repos).

La clé essentielle pour espérer bien figurer dans une course au large est de réussir à rentabiliser au maximum ses périodes de sommeil pour garder une vigilance à 100% et donc la plus grande efficacité.

Bien dormir tout en naviguant est sans doute une des difficultés majeure de la vie en mer.

L'alimentation a une influence sur ce sommeil. Il faut savoir que les produits sucrés sont à assimilation rapide et conseillés aux skippers seulement dans le cas particulier où ils se sentent fatigués avant une manœuvre physique, car contrairement aux idées reçues, ils font dormir. En effet, le glucose contenu dans les produits sucrés entraîne une libération

d'insuline. Ceci, entraîne une libération du tryptophane qui était auparavant lié à l'albumine dans le sang, augmentant le ratio [tryptophane libre/ tryptophane lié à l'albumine] (28). Le tryptophane libre ensuite passe la barrière hémato-encéphalique, pour, être transformé en sérotonine au niveau centrale par une enzyme : La tryptophane hydroxylase. La sérotonine sera ensuite transformée en mélatonine. La sérotonine et la mélatonine sont des médiateurs du sommeil, favorisant l'endormissement.

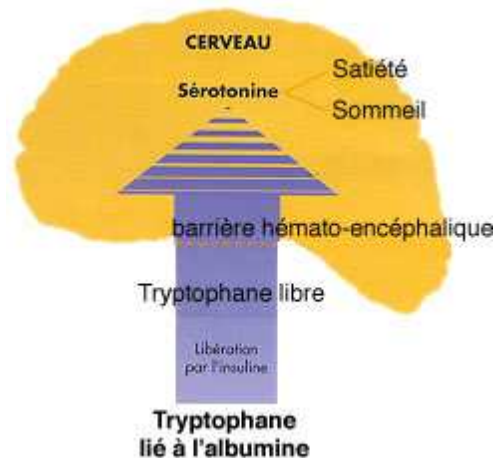


Figure 10 : Relation entre l'insuline et la synthèse de sérotonine cérébrale [Pr. C.Y. GUEZENNEC]

Il est donc plutôt conseillé aux skippers de manger des protéines au moment où ils ressentent l'envie de dormir ou en prévention pour éviter les pertes de vigilance. Elles libèrent des acides aminés : tryptophane, ainsi que d'autres acides aminés "neutres" qui sont en compétition entre eux, lors de l'absorption ainsi que lors du passage au niveau central. Du fait de cette compétition entre les différents acides aminés, une quantité inférieure de tryptophane sera absorbée, et passera au niveau central. Donc moins de sérotonine sera sécrétée, contrairement à ce qui se passe lors de l'absorption d'un repas riche en glucides. L'absorption de protéines n'entraîne pas de pic d'insuline, le ratio [tryptophane libre/ tryptophane lié à l'albumine] n'augmente pas. La quantité de tryptophane qui peut passer au niveau central et être transformée en sérotonine (médiateur du sommeil) non plus. (24)

De plus, certains acides aminés libérés par l'absorption de protéines (la tyrosine par exemple) seront transformés en dopamine et adrénaline au niveau central. Ces neuromédiateurs stimulent l'éveil.

Il faut plusieurs heures pour que les aliments absorbés soient transformés en énergie, disponible pour les muscles. Donc en mangeant en début de quart, l'énergie des aliments ne sera utilisable qu'au moment d'aller se coucher. Il est donc préférable de manger à la fin de son quart plutôt qu'au début.

4. Autres

L'humidité, le stress, l'état de la mer et le mal de mer (éventuellement) sont également consommateur d'énergie nécessitant une augmentation quantitative de la ration alimentaire. Le cas particulier du mal de mer et du stress nécessite des repas moins importants mais plus nombreux. Les repas froids sont préférables pour éviter les nausées lorsque le skipper est atteint du mal de mer.

D'autres contraintes dues au bateau lui-même s'ajoutent à la liste, à savoir :

- vivre dans une cabine étriquée,
- vivre avec le bruit permanent de l'eau sur la coque, ce qui peut perturber le sommeil et gêner la concentration, surtout dans le travail d'étude de stratégie,
- vivre au milieu des chocs (cabine étriquée associée au mouvement incessant du bateau).

III. Adaptation de la ration alimentaire

1. La ration calorique et sa répartition

Les études du Dr Chauve, médecin de la course du Vendée Globe ont montré que chez les skippers la ration alimentaire doit être située entre 3500 à 5500 calories par jour, tout en veillant à respecter l'équilibre alimentaire habituel. A savoir 55 à 60% de glucides, 12 à 15% de protéines et 25 à 30% de lipides. (29)

Des adaptations de ces ratios seront effectuées en fonction de la température de la zone traversée, en particulier en zone froide où on augmentera la proportion de lipides (35% des AET en insistant sur les acides gras insaturé) (cf. L'alimentation par temps froid)

Il faut savoir que lors d'une course au large on a une activité journalière sur 20h, voir plus, contrairement à la terre où l'activité dure environ 15h. Une activité plus longue induit des dépenses supplémentaires, donc nécessite un apport supplémentaire

Une alimentation qualitativement et quantitativement adaptée permet de maintenir le skipper en forme, donc performant, tout au long de la course mais également de favoriser la cicatrisation des plaies, fréquentes chez les skippers.

2. Les boissons

Il est important de ne pas négliger l'eau car elle est indispensable à la transformation des aliments en énergie, pour ensuite être utilisée par les cellules du corps humain il est nécessaire d'absorber 1cm^3 d'eau par calorie ingérée (= 1ml/1kcal) en zone tempérée, en tenant compte de l'eau utilisée pour réhydrater les plats et de celle contenue dans les plats prêts à consommer, afin de compenser les pertes (Tableau XV).

L'eau contenue à l'intérieur des aliments habituels et celle utilisée pour reconstituer les plats lyophilisés couvre une partie des besoins, mais ils doivent tout de même être complétés. Pour une ration de 3500 kcal, l'eau totale doit représenter 3,5 litres par jour, sachant que la moitié est apportée par les aliments eux-mêmes et/ou l'eau utilisée pour les reconstituer et que l'autre moitié doit être apportée par l'eau de boisson. Donc pour une ration de 3500 kcal, l'eau de boisson représente 1,75 litres.

PERTES / 24 HEURES	QUANTITÉ TOTALE EN LITRES POUR UN ADULTE
URINES	1,4 à 1,7
MATIÈRES FÉCALES	0,1
VAPEUR D'EAU DE LA RESPIRATION	0,4 à 0,9
SUEUR VISIBLE ET PERSPIRATION INVISIBLE	0,4-0,7
AMBIANCE SURCHAUFFÉE	Au-dessus de 30°, ajouter 30 ml/kg par degré supplémentaire

Tableau XV : Pertes hydriques quotidiennes en zone tempérée en l'absence d'activité physique (Blanc J-L, 2007)

Cet apport doit être augmenté à concurrence des pertes hydriques, en zone froide ou chaude.

En effet, les pertes hydriques par sudation peuvent être importantes à l'effort, même en ambiance froide où l'exercice est alors réalisé avec des tenues isolantes, ce qui favorise ces pertes. Lors d'efforts physiques en conditions extrêmes, elles sont en moyenne de 1,5 litres/heure, et peuvent aller jusqu'à 3 litres/heure en ambiance très chaude (30). La sueur, l'écoulement nasal et la quantité d'urines émises augmentent du fait des efforts physiques et du stress.

Dans le cadre des prises de boissons, le skipper doit se méfier de la sensation de chaleur ressentie après absorption d'alcool. En effet elle est illusoire. L'alcool entraîne une dilatation des petits vaisseaux à la surface de la peau, le sang en surface se refroidit ainsi plus vite et accentue de ce fait le refroidissement général.

3. Les micronutriments (vitamines, oligoéléments)

Une alimentation équilibrée apporte les vitamines et oligo-éléments nécessaires au même titre que dans toute compétition.

Toute carence en un micronutriment peut avoir des répercussions sur notre organisme et donc sur la performance. Les carences en micronutriments peuvent s'installer ou s'amplifier lors de grandes courses en raison de la nourriture sous forme lyophilisée ou déshydratée. Cela a un impact direct sur la performance. Enfin, le mode de cuisson des aliments peut influencer leur teneur finale en micronutriments (certaines vitamines sont détruites par la chaleur) (14). Pour

ces raisons il est nécessaire d'adapter son alimentation en consommant des produits frais et si cela est impossible de recourir à une supplémentation afin d'atteindre les apports conseillés (Tableau VIII). Depuis que la nutrition occupe une place importante dans la performance, la supplémentation vitaminique (type BION®, ALVITYL®) est conseillée par toutes les équipes médicales pour les skippers. Les produits frais étant très peu présents dans leur alimentation, il est quasiment impossible pour les skippers d'atteindre les apports journaliers recommandés (AJR), une supplémentation durant toute la durée de la course, à raison de un comprimé par jour est donc nécessaire afin de couvrir les AJR (Figure 11).

Pour 1 comprimé			% des AJR*	Pour 1 comprimé			% des AJR*
Vitamine A	800 µg	100 %		Iode	100 µg	67 %	
Vitamine B1	1,4 mg	100 %		Fer	5 mg	36 %	
Vitamine B2	1,6 mg	100 %		Zinc	5 mg	33 %	
Vitamine B3	18 mg	100 %		Magnésium	45 mg	15 %	
Vitamine B5	6 mg	100 %		Sélénium	30 µg	—	
Vitamine B6	2 mg	100 %		Chrome	25 µg	—	
Vitamine B8	150 µg	100 %		Manganèse	0,4 mg	—	
Vitamine B9	200 µg	100 %		Molybdène	25 µg	—	
Vitamine B12	1 µg	100 %					
Vitamine C	60 mg	100 %					
Vitamine D	5 µg	100 %					
Vitamine E	10 mg	100 %					
Probiotiques	10 ⁷	—					

*AJR : Apports Journaliers Recommandés

Figure 11 : Composition BION 3 adulte [www.bion.fr]

4. La répartition des différents repas

Pour faciliter l'assimilation des nutriments il est fondamental de garder des horaires fixes de repas.

On conseil ainsi en course :

- Petit déjeuner au lever du jour : 20% de la ration journalière,
- Déjeuner vers 13h : 30% de la ration journalière,
- Collation en fin d'après midi : 15% de la ration journalière,

- Diner au coucher du soleil : 20% de la ration journalière,
- Collation vers le milieu de la nuit : 15% de la ration journalière.

Il faut limiter les en-cas entre les repas qui désorganisent le rythme, la collation de nuit étant indispensable lors d'une course en solitaire. Cependant en cas de faim, les fruits et barres de céréales sont des collations adaptées en particulier en cas d'effort physique important à fournir immédiatement. Elles libèrent du glucose disponible rapidement, mais favorisent la somnolence contrairement aux protéines. Les barres hyper protéinées peuvent être très utiles comme collation en prévention des moments de fatigue. (cf. sommeil)

5. L'alimentation en zone froide de navigation

Une étude (31) menée sur dix-huit soldats effectuant une mission pendant 12 jours dans une zone froide (0°C à 12°C), ventée et présentant un taux d'humidité important (75 à 100%) a montré que leur dépense énergétique était augmentée par rapport à leur dépense habituelle pour un exercice physique de même intensité. En effet malgré des apports énergétiques d'environ 2820 Kcal leur permettant habituellement de conserver un poids stable, tous ont, dans le cadre de cette étude, perdu du poids. Les apports caloriques ne comblant pas les dépenses énergétiques dues à ce type de conditions.

Dans notre exemple du Vendée globe, la zone froide concerne en particulier le contournement de l'Antarctique où les températures peuvent atteindre -40°C. Dans cette zone les apports énergétiques devront donc être accrus, en insistant sur les lipides (enrichissement des plats en sauce, vinaigrette, fromage...). Les graisses étant utilisées comme combustibles dans le mécanisme de la thermorégulation. Les températures froides peuvent entraîner une diminution de la sensation de faim et de soif, les skippers doivent donc être très vigilants.

Dans ces zones la nutrition repose sur des aliments simples à préparer (et qui fournissent une énergie de base). Les féculents sont bien adaptés, mais sont à compléter selon les goûts de chacun avec du fromage, de la viande et des légumes afin de garder une alimentation équilibrée.

Il est également conseillé si possible aux skippers de manger chaud. Lorsqu'il est impossible de faire chauffer les aliments beaucoup de coureurs utilisent des barquettes auto-chauffantes. Leur inconvénient majeur est la composition des sauces de ces plats qui les rend parfois difficiles à digérer.

6. L'alimentation par temps chaud

Lors du temps chaud les skippers ont tous remarqué avoir plus de mal à atteindre la ration calorique journalière. Il est pourtant indispensable de trouver des solutions nutritionnelles pour remédier à ce problème. On peut par exemple proposer une alimentation plus liquide à base de soupes et/ou une alimentation froide à base de salades en conserve ou lyophilisées (sardines, pâté, ...).

Il existe de nombreuses soupes lyophilisées commercialisées par les grandes marques connues ainsi que des salades en conserves ou lyophilisées, comme en propose par exemple la marque MX3 aventure.

L'autre possibilité pour atteindre l'objectif calorifique soutenu est de densifier l'alimentation :

- ajouter des corps gras à ses plats (sauce, huile,...),
- agrémenter son repas selon ses goûts avec des aliments à densité énergétique élevée (thon à l'huile dans la salade, fruits secs en dessert,...),
- boire du jus de fruit plutôt que de l'eau,
- mettre de la confiture sur le pain,
- ajouter des confiseries ou du chocolat au dessert.

Enfin il sera plus facile pour le skipper d'atteindre la ration calorique souhaitée avec un repas qu'il apprécie qu'avec des aliments qu'il déteste. Il est donc important qu'il privilégie en zone chaude des aliments qu'il aime à terre.

IV. La nutrition à bord en pratique

Outre la nécessité de l'équilibre alimentaire, certains impératifs techniques sont dictés par le bateau et la course : Les aliments doivent prendre le moins de place possible tout en permettant l'équilibre alimentaire du skipper. Ils doivent également se conserver à température ambiante car les skippers ne disposent pas de réfrigérateur à bord.

Des solutions différentes sont envisagées chez les skippers selon leurs goûts et leurs priorités. Si certains cherchent à alléger leur bateau au maximum au détriment du goût et de la variété, de plus en plus de skippers cherchent un juste milieu à l'aide de diététiciens et de médecins afin de trouver un compromis entre poids et qualité nutritionnelle. La nourriture étant importante pour se maintenir en forme mais également pour le moral, surtout lors d'une course en solitaire où les repas sont souvent, lorsque le temps n'est pas défavorable, associés à un moment plaisir de la course. "Manger est lié à la récupération et au mental. C'est essentiel pour gagner" a souligné Thomas Coville avant son départ pour le Vendée Globe 2008.

De façon classique, un coureur comme Eric Tabarly se nourrissait essentiellement de pâtes et de plats cuisinés en conserves ou semi-conserves, et utilisait des pâtes de fruit, du thé sucré ou des barres de céréales comme réserve énergétique.

De façon plus moderne les coureurs du Vendée Globe 2004-2005 ont emmené essentiellement des plats lyophilisés qu'ils reconstituaient avant consommation et des barres de céréales-glucose "hyper-énergétiques". Mais cette stratégie laisse très peu de place au goût. Pour ce même départ, Joé Seeten a retenu une voie médiane : Il a embarqué des plats cuisinés sous vide ou semi-conserves, des pâtes et des menus lyophilisés pour les jours de "galère météo", ainsi que des en-cas vitaminés et énergétiques. Le tout lui permettant une variété et une qualité gustative nécessaire à son moral tout en restant raisonnable niveau poids.

V. L'hydratation à bord en pratique

Lors des premières courses, l'hydratation était classiquement permise par les réserves embarquées d'eau (soutes à eau douce et boissons diverses). Le skipper recueillait également l'eau de pluie. Lors des derniers départs de la course, tous les kippers embarquent une quantité faible d'eau douce, dite de sécurité, et prévue par le règlement de la course. Les besoins en eau étant couverts par un désalinisateur d'eau de mer, au prix d'une importante consommation d'énergie. Cet appareil produit de l'eau douce à partir de l'eau de mer par osmose inverse à une vitesse d'environ 5 litre/heure pour les désalinisateurs électriques, et d'environ 1 litre/heure pour un appareil manuel dit de secours, en raison de son faible débit.

VI. Les conséquences physiologiques de la course sur les skippers

Dans le cadre de la transatlantique BPE (Banque privée européenne), l'indice de masse grasse des skippers avant le départ, et à la fin de transatlantique BPE, a été mesuré pour les trois premiers. Cet indice est intéressant car il représente le pourcentage de graisse dans l'organisme. Il est environ égal à 15 à 20% du poids total du corps chez un homme (25 à 30% chez les femmes) et représente environ 150 000kcal. Cet index oscille de 10 à 12% chez les sportifs hommes (14 à 16% chez les sportives) à 25% chez les sédentaires. Globalement on s'aperçoit que les trois premiers (Nicolas Troussel, Thomas Rouxel et Charles Caudrelier) ne se sont pas bien nourris car tous ont perdu du poids et leur indice de masse grasse a diminué. Charles Caudrelier est celui dont l'indice avait le plus varié, passant de 15.3 à 9%, il a également perdu 6 kilos en 3 semaines

Dans le cadre d'une alimentation équilibré tout au long de la course et de l'absence d'accident ou de conditions vraiment extrêmes, les pertes de poids enregistrées au court de ce type de course sont relativement faibles.

On observe toutefois, fréquemment, les séquelles d'un régime mal équilibré ou de carences vitaminiques à différents niveaux :

- décalcification osseuse,
- troubles de la cicatrisation des plaies,
- lésions unguéales,
- chutes de cheveux,

L'adaptation nutritionnelle sur une course au large porte donc principalement sur l'augmentation quantitative de la ration. Cette augmentation est souvent difficile à atteindre pour les skippers, des nouveaux produits voient le jour régulièrement afin de faciliter leur alimentation malgré les contraintes dues à la course. Dans la partie suivante nous développerons l'évolution des produits spécifiques pour la course à la voile en solitaire.

Partie 4 :

**Approche diététique
et voile : l'évolution
nutritionnelle
du Vendée-Globe**

I. Historique

1. Vendée-Globe 1989 : l'expérience de Philippe Poupon

Chaque skipper avait préparé cette course depuis plusieurs années mais, tous n'avaient pas le même comportement vis-à-vis de l'alimentation. Pour certains c'était une notion tout à fait secondaire et ils ont préféré "manger ce qu'ils aimaient" "quand ils avaient faim".

Mais certains, même à l'époque avaient déjà compris l'importance d'avoir une nutrition adaptée qualitativement et quantitativement. C'était le cas de Philippe Poupon, pour qui la nutrition était un élément déterminant autant du point de vue physique que psychologique. Il pense également qu'en fin de course l'alimentation joue un rôle fondamental pour gagner. Pour lui la lassitude de plusieurs mois de mer peut amener à manger d'importe quoi et à perdre toutes ses forces en quelques jours.

La complicité entre un grand chef de cuisine (Joël Robuchon), des spécialistes de la nutrition (l'I.S.A : Institut Supérieur d'Alimentation) et un grand industriel (Fleury Michon) ont permis l'élaboration de menus pour Philippe Poupon. Ils sont une bonne illustration de l'évolution de la prise en charge nutritionnelle lors des longues courses en haute mer. Ils ont été établis selon différents critères :

- Les goûts du skipper : Poupon aime beaucoup les pâtes par exemple,
- L'équilibre alimentaire : Il ne souhaitait pas manger de la viande à chaque repas, c'est pourquoi afin de garder une alimentation équilibrée et suffisamment riche en protéines, des menus à base de poisson, d'œufs ou de fruit de mer ont été mis en place,
- La sécurité microbiologique : Utilisations de conserves et de produits lyophilisés,
- La durée de vie des produits : Les produits frais qui ont été embarqués ont été mangés dans un ordre précis selon leur durée de vie,
- Les différentes zones traversées : Dans les zones chaudes le skipper préfère la nourriture froide et plus légère, comme des salades par exemple.

Philippe Poupon ne souhaitait pas se nourrir uniquement de produits lyophilisés ou déshydratés. Il a donc utilisé des conserves appertisées ou non afin de satisfaire son désir de variété.

En ont décliné, 60 recettes différentes, par exemple :

- Gratin d'agneau aux aubergines,
- Homard à l'américaine,
- Maquereau aux choux et aux truffes,
- Sauté de porc au cidre et aux pommes.

Philippe Poupon a des goûts assez traditionnels mais ne grignote pas énormément mis à part le chocolat. Les en-cas n'ont donc pas été prévus systématiquement aux menus mais calculés sur la semaine afin de répondre à une dépense énergétique supplémentaire en cas de coup dur. Une journée type a été établie (Tableau XVI).

Il n'avait également pas envie de se contenter d'ouvrir des boîtes, et souhaitait retrouver des produits comme à la maison. Il a donc été prévu qu'il compose ses salades, qu'il emmène des pots de confiture, ainsi que du sel et une boîte de sucre.

Sa ration journalière était de 3300 kcal, plus un complément énergétique calculé sur la semaine de 3500 kcal/semaine, soit environ 500Kcal/jour mais à répartir selon les besoins.

Exemple de ration journalière :

- Lait : 1/4l
- Fromage : 50g
- Crème dessert : 125g
- Viande, poisson, œuf : 200g
- Pomme de terre, pâtes, riz : 250g
- Légumes : 200g
- Fruit : 300g
- Pain : 350g
- Céréales : 80g
- Gâteau : 100g

- Biscuit : 30g
- Sucre : 50g
- Beurre: 40g
- Huile: 20g

Exemple de complément énergétique de la semaine au choix :

- Fruits sec : 200g
- Barres de céréales : 7
- Pâtes de fruits : 3
- Pâte d'amande : 2
- Chocolat : 200g
- Confiseries : 4 barres

Un complément en vitamines et oligo-éléments quotidien, avait été mis en place pendant la course, afin de couvrir les ANC de la journée.

<u>Au réveil</u>		Café Biscuit sec				
<u>Petit déjeuner</u>		Café Pain beurre confiture				
<u>Collation</u>		Céréales Lait Fruit (jus)				
<u>Déjeuner</u>	<u>Région chaude</u>	Nourriture légère et froide : - salade composée (féculents, légumes verts, protéine) + sauce - dessert - +/- fromage	<u>Féculents</u> : pâtes ou riz à cuire, légumes secs, pommes de terre appertisées <u>Légumes verts en boîte</u> <u>Protéine</u> : œufs, fruits de mer, poisson en conserves, volaille, bœuf, veau cuit appertisé <u>Sauce</u> : vinaigrette à l’huile de soja, vinaigrette à l’huile de noisette, vinaigrette aux herbes, mayonnaise			
	<u>Région froide et tempérées</u>	Plat cuisiné chaud de Joel Robuchon Plat à base - d’œuf ou de steak lyophilisé - de pâtes ...				
<u>Goûter</u>		3 types différents en fonction du déjeuner et du dîner	A	Café Pain beurre Chocolat	Pain Nutella	
			B	Café Gâteau		
			C	Pain Fromage		
<u>Dîner</u>	<u>Région chaude</u>	Repas classique dont le plat est cuisiné par Joël Robuchon				
	<u>Région froide et tempérées</u>	Plat à base - d’œuf ou de steak lyophilisé - de pâtes ...				

Tableau XVI : Les 6 repas par jour de Philippe Poupon lors du Vendée Globe 1989 (Prigent S 1990)

<u>Produits laitiers</u>	- Lait demi-écrémé en poudre (pour des raisons de poids) malgré sa préférence pour le lait "liquide" - Crèmes et flans UHT de diverses marques et de nombreux parfums - Riz au lait - Fromages en fonction de leur capacité à se conserver : camembert puis St-Paulin puis Tome, gruyère, puis crottins secs. - Egalement fromages fondus en portions individuelles et camembert en boîte aluminium serties puis pasteurisées BESNIER
<u>Protéines</u>	- Plats cuisinés appertisés à base de viande Fleury Michon® créés par Joël Robuchon - Conserves de poisson et fruit de mer (pour les salades) - Œufs enduits de 2 couches successives de vernis alimentaire pour prolonger leur conservation. Puis d'une couche de cire
<u>Légumes verts</u>	- Potages déshydratés - Légumes en conserve
<u>Fruits</u>	- fruits frais : afin d'éviter les chocs, et donc les dégradations, chaque fruit avaient été emballés individuellement dans une boîte - o au début kiwi, poires, pommes - o oranges, mandarines, pamplemousse - Fruits en conserve : abricot, pêche, kiwi, poire... - briques de jus de fruit : tomate, orange, pamplemousse, ananas - Salades de fruit lyophilisé - Compotes individuelles, préparées chez Fleury Michon
<u>Féculents</u>	- Riz et pâtes sous vide, par portions de 80 ou 100g cru (le riz était dans un double emballage percé de trou pour le plonger tel qu'elle dans l'eau bouillante) - Purée en flocons - Pomme de terre en conserve Fleury Michon - Une dizaine de céréales différentes sous vide, par portion de 80g
<u>Pain</u>	Les 5 premières semaines Pain Max Poilane®, tranché et conditionné sous atmosphère modifiée (sous vide avec réinjection CO2), 350g/j Galettes Max Poilane® (elles avaient été mises au point pour Jean-Louis Etienne lors de son expédition au pôle nord) Puis Pain Longue conservation JACQUET®, en conditionnement de 300 à 350g
<u>Beurre</u>	- Beurre ½ sel en boîtes métalliques serties puis pasteurisées

Tableau XVII : Les produits embarqués par Philippe Poupon lors du Vendée Globe 1989
(Prigent S 1990)

L'assemblage des salades par lui-même, lui a permis une variété importante tout au long de la course, mais a également assouvi son envie de ne pas se contenter de juste ouvrir des boîtes.

Poupon disposait d'un micro-onde pour réchauffer les plats cuisinés préparés par la Sodeb'O

Les repas de la course ont été emballés séparément dans 140 petits cartons avec le menu affiché, chaque carton étant sur-emballé par un film plastique. Le tout pesait 450kg.

Cinq semaines après le début de la course, Poupon était très satisfait de la nourriture et pensait même avoir pris un peu de poids. Malheureusement son bateau a ensuite été renversé par une déferlante, l'obligeant à abandonner.

2. Vendée Globe 1992 : L'expérience de Jean Luc VDH

La prise de conscience de l'importance du facteur nutrition dans la course, s'est traduite par une amélioration des programmes nutritionnels pour les skippers.

2.1 Préparation nutritionnelle au CHU de Nantes

Pour son second Vendée-Globe (1992) Jean Luc Van Den Heede souhaitait avoir un suivi nutritionnel afin d'être plus performant que lors du Vendée-Globe 1989, pour lequel il était déjà arrivé en bonne position. Mais lors des 3 dernières semaines il avait remarqué une diminution d'efficacité pendant ses manœuvres, et une moins bonne aptitude à la prise de décision. Il commençait également à manquer de vivres, en particulier de collations inter prandiales. Cette restriction alimentaire, non volontaire, avait abouti à une perte pondérale de 8kg. Il a donc été en consultation au Laboratoire de physiologie et à également rencontré une diététicienne du service d'endocrinologie du CHU de Nantes. L'objectif étant d'organiser ses apports énergétiques pendant une centaine de jours en mer afin d'optimiser sa forme et de maintenir sa stabilité pondérale.

Pour cela une enquête alimentaire rétrospective a été effectuée sur 4 jours pour établir ses besoins énergétiques lors d'une activité habituelle à terre. Ses apports habituels ont été conservés quantitativement, mais rééquilibrés qualitativement (55% de glucides, 32% de lipides et 13% de protéines) car le skipper présentait un IMC à 26 (1,87m pour 90kilos) donc un très léger surpoids, et une masse grasse de 21%.

Pendant les 6 mois précédant la course il s'est familiarisé avec ces nouvelles règles d'équilibre alimentaire.

Pendant la course, l'apport de référence à terre a été modifié en fonction de 2 facteurs :

- le climat : l'apport calorique est plus important dans les zones au climat polaire que celles au climat tropical.
- l'activité physique : le nombre de collation augmente avec l'intensité de l'activité physique.

La base est restée la même, avec un petit déjeuner, un déjeuner et un diner mais des collations inter prandiales on été ajoutées. De cette façon en fonction de ces 2 facteurs, 3 à 8 repas avaient été mis en place (32). Cinq plans alimentaires différents ont servi de trame à la composition de l'ensemble des repas (

Tableau **XVIII**).

	<u>Référence à terre</u>	<u>Climat tropical</u>			<u>Climat tempéré</u>		<u>Climat polaire</u>	
Petit déjeuner	600	600			600		600	
Déjeuner	950	950			950		950	
Dîner	950	950			950		950	
Collation(s)		<u>- Acti physique +</u>			<u>- Acti physique +</u>		<u>- Acti physique +</u>	
	Ø	Ø	1	2	2	3	3	3 + 2x1
	0	0	400	800	800	1200	1200	1200 + 2x450
Apport énergétique /24h	2500	2500	2900	3300	3300	3700	3700	4600
Nombre de repas	3	3	4	5	5	6	6	8

Tableau XVIII : Organisation des apports énergétiques de VDH pour le Vendée Globe 1992 (Kcal) (Kuchly-Anton & Prive M 1995)

Le choix des produits alimentaires a été réalisé en collaboration avec le skipper en tenant compte de ses goûts et de ses aversions. Ici VDH ne souhaitait ni lait ni laitages, ce qui a rendu l'objectif de maintenir une alimentation équilibrée plus complexe. Une notion primordiale était de garder une variété des menus afin d'éviter la monotonie, source de mauvaise adhésion au programme nutritionnel.

Les apports caloriques de VDH pour le Vendée-globe 1992 ont été établis en utilisant la référence des dépenses à terre : 2500Kcal, ce qui est une dépense moyenne pour un homme. On observe que dans les zones polaires avec une activité physique importante l'apport augmente considérablement pour atteindre 4600 Kcal. Cette apport calorique peut paraître énorme, mais comme nous l'avons vu précédemment les skippers sont confrontés à des contraintes n'existant pas à terre (lutte contre le froid, mouvements du bateau, ...) et leur activité journalière a une durée supérieure à celle à terre (la nuit à terre, ils dorment).

Certains impératifs dictés par le contexte de la course en mer ont également limité les possibilités culinaires :

- Des repas de réalisation simple adaptés au coin cuisine rudimentaire du bateau,
- La masse à embarquer, que le skipper avait fixée à 1,2 kg/j.

Déjeuner et diner	Petit déjeuner et collations
40% : Conservees prêtes à l'emploi	Biscuits
10% : Conservees à compléter	Barres céréales
50% : Plats lyophilisés prêts à consommer	Fruits secs oléagineux
Fruits frais (le 1 ^{er} mois) puis fruits lyophilisés	<i>Nb : tous en conditionnement sous vide en portion individuelle prêtes à consommer</i>
Pain fabriqué à bord ou pain suédois	
Fromage frais puis en conserve	
Gâteaux	

Tableau XIX : Choix des aliments embarqués par VDH pour le Vendée Globe 1992
[www.vdh.fr]

Concernant les boissons VDH avait embarqué quelques bouteilles de vin et des bouteilles d'eau. Il a en moyenne consommé 3 litres par jour (la moitié sous forme de boisson et l'autre pour reconstituer les plats lyophilisés)

A l'arrivée de cette course, après 110 jours de mer, il avait parfaitement respecté son organisation nutritionnelle et était en excellent état général. Il n'avait pas ressenti d'épisodes d'asthénie contrairement à son Vendée-globe précédent, il a tout de même perdu 2 kilos mais souhaite maintenir ce poids (nouveau IMC = 25, donc normal). Son arrivée a par chance exactement coïncidé avec la fin des stocks. Tous ces éléments l'ont encouragé à repartir avec le même programme nutritionnel pour ses courses suivantes.

2.2 Expérience d'un skipper sur l'importance de l'adaptation nutritionnelle en course : cas de Jean Luc Van Den Heede

Afin de comprendre la mise en place des contraintes diététiques des skippers sur ce type de course au large, ainsi que l'importance d'un bon respect du statut nutritionnel pour une course efficace, nous sommes allés directement interroger, pour ce travail, un des skippers historiques du Vendée Globe : Jean-Luc VDH.

L'interview de VDH nous a permis d'apporter des notions pratiques sur la nutrition d'un skipper lors d'une course de longue durée en solitaire, et ce d'autant plus qu'il est l'un des premiers à avoir pris en compte l'importance des adaptations nutritionnelles.

Importance de l'alimentation

De façon générale l'alimentation est elle perçue comme un élément important dans la course à la voile et en particulier sur une solitaire ?

"Oui tout à fait, car pour mon 1^{er} Vendée globe j'ai mangé n'importe quoi""Kersauson avait mis 120 jours sur son multicoque, je pensai qu'on mettrait 150 jours au Vendée globe donc j'avais pris 150 jours de nourriture. Mais arrivant au Cap Horn je me suis senti faible" ... " j'avais l'impression que je n'avais plus de forces, alors bien sûr, on était fatigué, mais j'ai eu surtout l'impression que je manquais de nourriture." ... "Comme je savais qu'on n'allait pas mettre 150 jours mais moins de 120, je prenais pratiquement 2 plats de résistance à chaque repas le dernier mois (plats tout prêts qui ne se conserve pas au frais). Ce n'était pas très astucieux, car il aurait mieux valu que je fasse cela dans le sud (zone froide) en préventif, plutôt que de faire cela après, dans l'atlantique (zone plus tempérée)."

"Après avoir constaté cela, j'en ai discuté avec le Dr Jean Yves Chauves, et il m'a mis en relation avec une diététicienne de Nantes qui m'a donné des conseils sur la nourriture, sur ce qu'il valait mieux emporter, ne pas emporter"

"Elle a également regardé ce qu'il y avait dans les boîtes de conserves emportées, et bien souvent il n'y a pas assez de calories. Ce sont des produits adaptés à des gens qui ont des

repas réguliers, mais pas pour manger cela pendant 120 jours, avec des repas irréguliers et avec en plus des efforts physiques importants." ... "Voilà pourquoi je me suis intéressé à la nutrition."

Les repas constituent-ils un point de repère de vie à bord important ?

"Tout a fait, en tout cas, en ce qui me concerne. Je pense que c'est un moment de détente, pendant lequel on pense moins à la course, juste à se faire à manger. On est dans la vie normale.".....".....Moi je mangeai à des heures tout à fait régulières sauf si évidemment les manœuvres du bateau ne m'en laissaient pas le temps...."....."....Je m'astreignais, même si en réalité ce n'est pas une astreinte, à manger, au lever du jour, au milieu de la journée, et avant la tomber de la nuit."

Donc au final comme à terre ?

"Exactement."

Les skippers de vos connaissances ont-ils la même approche que vous ? Considèrent-ils la nutrition à bord comme accessoire ou essentielle ?

"Il y a des gens pour qui c'est totalement accessoire...Je me rappelle de Moitessier qui mangeait 80% de riz, mais c'est normal car il avait été élevé dans sa jeunesse en Asie...Je me rappelle d'un Canadien pour qui c'était vraiment accessoire, il mangeait que des fruits secs, moi je ne suis pas capable de ça."

Planification des repas et choix des aliments

Qui vous a aidé à établir le planning de vos repas ?

"La diététicienne du CHU de Nantes avait regardé ce qui composait mes boîtes de conserve. Elle avait constaté qu'il y avait des différences énormes entre les boîtes en ce qui concerne

glucides, protides, lipides. Elle avait au final ressorti deux conserves principales qui étaient à l'époque Daucy et William Saurin carte brasserie, qu'il fallait mieux utiliser car plus adaptées au niveau qualitatif et quantitatif."

En fonction de quoi le planning a-t-il été mis en place ? (gouts personnels, calcul de rations....)

"Oui c'était moi qui lui ait donné mes gouts et qui ait précisé ce que j'aimais bien, et la diététicienne avait aussi établi cela en fonction du temps, parce qu'on mange moins en équateur quand il fait très chaud, on a alors envie de manger froid, on mange plutôt des salades en barquette qu'on trouve au rayon conserve."

(Donc changement aussi en fonction des zones traversées)

"Comme on n'a pas de chauffage a bord, quand il fait chaud, on perd beaucoup moins de calorie que dans le sud où il fait froid. Donc en fonction des zones elle m'avait établi semaine par semaine un exemple d'alimentation."

L'équilibre alimentaire sur une semaine ? Une journée ?

"Elle ne m'avait pas fait de planning mais elle m'avait donné des conseils sur la semaine. Moi ce que j'aime bien c'est varier."

"En France on a justement la chance d'avoir des plats en conserve, cela n'existe pas ailleurs, les plats cuisinés, quand on va à l'étranger, si on va aux Etats-Unis ou en Amérique du Sud on en trouve pas du tout."

"Donc elle faisait l'équilibre sur la semaine et j'avais le choix des éléments parmi les différentes catégories."

Y avait t'il des compléments ajoutés au repas (vitamines, oligo-éléments) afin d'obtenir un repas équilibré ?

"Oui je prenais tous les jours un comprimé de vitamines, que le médecin qui me suivait m'avait donné."

En quoi le choix des produits est t'il différent des repas à terre ?

"Oui, il n'y a rien de frais, donc c'est forcément différent. A terre, je mange beaucoup de poisson, de légumes. Les légumes des boîtes de conserves sont très cuits et n'ont rien à voir avec les légumes frais cuisinés."

Alors moi à chaque fois je reconstituai un repas complet :

<u>Petit déjeuner</u>	- Biscuit LU - Confiture - Thé
<u>Déjeuner</u>	Repas le plus copieux - Entrée : Pâté Henaff, boîte de sardine, calamar, foie de morue, asperge ou autre plat de ce type - Plat de viande et de légume : d'Aucy ou Henaff par exemple - Morceau de fromage : ¼ de camembert Président de chez Besnier en conserve (introuvable en France, réservé à l'export) - Dessert : compote de fruits, fruits secs
<u>Dîner</u>	Repas toujours pris avant le coucher du soleil - Entrée : soupe lyophilisée sauf quand il fait trop chaud - Plat : un plat de riz ou de pâtes agrémenté d'ingrédients variés ou plat lyophilisé (en fonction de ma disponibilité pour cuisiner) - Morceau de fromage : ¼ de camembert Président de chez Besnier en conserve (introuvable en France, réservé à l'export) - Dessert : compote de fruits, fruits secs

Tableau XX : Les repas de VDH lors du Vendée-Globe 1992 [VDH]

Comment conserver les aliments à bord, et quelle est l'influence de la conservation sur le choix des aliments ?

"On n'a pas d'énergie pour la conservation à bord, l'énergie c'est pour le pilote automatique, la communication et la lumière, donc il n'y a rien qui se conserve. Tout est en boîte. En réalité, le problème énorme, c'est qu'au départ il fait assez froid, cela se réchauffe jusqu'à l'équateur, où on a vraiment une forte chaleur et de l'humidité, pour la conservation c'est épouvantable. On essaye de laisser les fruits au fond de la cale, pour que cela " ne prenne pas la chaleur ", mais malgré tout, la nourriture moisit. On ne peut pas garder les produits frais plus de 3 semaines."

Comment avez-vous géré l'eau douce à bord ?

"Moi, j'avais amené de l'eau d'HEPAR, je ne consomme pas beaucoup d'eau. Quand je fais cuire je prends 1/3 d'eau de mer et 2/3 d'eau douce, donc je fais vraiment des économies d'eau à bord. J'avais un désalinisateur, mais je ne l'utilisais pas. C'était un désalinisateur de secours s'il m'arrivait quelque chose (démâtage ou autre problème). Je l'ai utilisé une seule fois dans le 2^{ème} Vendée-globe. Je récupère également l'eau de pluie sur les voiles pour la cuisine car elle est un peu salée, elle est tout à fait buvable."

"Maintenant, certains utilisent un désalinisateur électrique, c'est beaucoup plus efficace mais c'est lourd, cela nécessite de l'électricité, sans oublier les pièces de rechange, ce qui fait qu'on amène un poids qui est équivalent au poids d'eau."

"Si on utilise un désalinisateur manuel, c'est très dur, il faut pomper et on extrait 5L en une heure. C'est un appareil de secours, cela ne peut pas être considéré comme un approvisionnement normal."

Caractéristiques des repas

Style des différents repas ? (frais, lyophilisé ...)

"Les deux lyophilisé et boîtes. Même au dernier tour du monde où je n'étais pas à 50 kilos près, j'avais quand même pris 50% de lyophilisé, cela n'est pas extraordinaire, il y a des

aliments qui sont très bon ou tout à fait mangeable et il y en a qui ne se réhydrate pas très bien."

"Dans mon tour du monde à l'envers j'ai eu des fruits jusqu'au Cap de Bonne Espérance, donc j'ai eu des fruits pendant tout le sud : pamplemousse, orange, pommes principalement. Les pommes sont emballées dans du papier pour qu'elles ne se choquent pas....

.....Je mangeai les fruits dans l'ordre de leur conservation.....

.....Les pamplemousses, les oranges, ça se garde vraiment très longtemps.....

....Je ne pense pas que dans les courses en solitaire il y en ait beaucoup qui mangent uniquement du lyophilisé, je pense que pratiquement tout le monde mange un peu de produit en conserve aussi."

Roulement et variété des plats ?

"Après l'expérience de plusieurs Vendée Globe (1989 et 1992), j'avais une liste de nourriture et je cochais à chaque fois que je prenais un aliment, pour toujours connaître l'état des stocks de façon à repartir le mieux possible ce que j'avais. Pour qu'il ne me reste pas 15 boîtes de sardines pour les derniers jours. Je choisissais ce que je voulais manger en sachant qu'il fallait que j'équilibre en fonction des zones traversées, mais je n'avais pas envie qu'on m'impose un planning précis tous les jours. Mes plats préférés sont la blanquette de veau et le canard, j'en ai donc embarqué en plus grande quantité."

"Beaucoup de skipper ont un programme hebdomadaire où ils sortent un sac tout préparé tous les jours et ils doivent manger ce qu'il y a dans le sac. Ce mode d'alimentation est surtout utilisé chez les skippers, pour qui la nourriture est peu importante. Certains ont aussi une petite surprise de leur proche dans le sac, c'est une façon de garder le moral autre que choisir ses repas et de se les préparer."

Comment gériez-vous les quantités de chaque aliment (boîtes avec déjà la bonne quantité, pesée) ?

"Non au niveau des quantités c'est selon ma faim."

La nutrition sur le Vendée globe

Le Vendée globe présente –t-il des spécificités de course de façon générale par rapport aux autres et d’autres part du point de vue des contraintes ou des obligations nutritionnelles ? (Température, durée, solitaire)

"En équipage tous les bateaux ont un désalinisateur, car lorsque l'on est 10 sur un bateau, le poids du désalinisateur devient négligeable par rapport à la quantité d'eau qu'il faudrait embarquer. Sur ces courses comme la Volvo Océan Race (course autour du monde en équipage), ils amènent un peu d'eau douce de secours simplement. Par contre, leurs désalinisateur ont un moteur fixe dans le bateau et ont une efficacité supérieure. Mais, en cas de problème, ils ne peuvent pas le prendre avec eux dans le canot de survie. Moi le mien c'est un portable, avec poignée, je peux l'amener avec moi en cas de problème."

Adaptation des repas en fonction des conditions météo, des zones traversées (température, gros temps)? Le temps de préparation est-il diminué ?

"Oui bien sûr, dans le Vendée-Globe par exemple, je barrais beaucoup, ce qui me permettait d'envoyer plus de toile, je ne pouvais pas lâcher la barre avec un bateau surtoilé. Donc le matin dans le gros temps quand je voulais rester longtemps à la barre je préparais ce que j'allais manger le midi et j'installai tout ça avant d'envoyer de la toile et de prendre la barre."

Vous êtes vous autorisé des écarts "plaisir" pour garder le moral pendant la course

"J'avais vraiment des bonnes choses à manger pour les grandes occasions. Mais dans tous les cas d'un point de vue moral, partir des Sables-d'Olonne pour revenir aux Sables-d'Olonne ce n'est pas terrible alors on est beaucoup de skippers à se fixer des objectifs. Mon premier

objectif, c'était d'atteindre l'équateur, le deuxième objectif : le cap de bonne-espérance, puis le troisième c'était l'Australie. Et quand on l'atteint on cuisine quelque chose qui nous fait plaisir. En réalité on sépare le tour du monde en étapes. Moi en tout cas j'avais besoin de cela dans ma tête."

Bilan de la course au niveau nutritionnel

Quel a été l'évolution de votre poids durant la course ?

"Pendant toutes les courses on perd 2-3 kilos, mais lors de mon premier Vendée-globe j'avais perdu 6 ou 7 kilos."

Comment avez-vous géré la fin de la course ? Besoin bien évalués ? Privation ? Surplus ?

"A partir du moment où j'ai travaillé avec la diététicienne, il n'y a plus eu aucun soucis. Je perds toujours un peu de poids, mais probablement car il y a moins de sollicitations alimentaires qu'à terre. Lors de mon dernier Vendée Globe (1992), je suis revenu avec environ 40 jours de nourriture et de boisson. Je garde les conserves pour mes prochaines tentatives de records."

II. Evolutions techniques pour la nutrition des skippers

Les grands groupes agroalimentaires ont développé des plats s'adaptant aux mieux aux contraintes de la course et aux besoins des skippers. Le principe de la lyophilisation présente de nombreux avantages en particulier en matière de stabilité et de gain de place.

1. Le lyophilisé

La lyophilisation (33), autrefois appelée cryodessiccation ou séchage à froid, consiste à retirer l'eau d'un produit afin de le rendre stable à température ambiante. La lyophilisation utilise un principe physique : la sublimation, qui correspond au passage d'un élément de l'état solide à l'état gazeux sans passer par l'état liquide. Dans le cas de la lyophilisation, il s'agit de la sublimation de l'eau. Pour ce procédé, on effectue deux phases (

Figure **12**): une phase de congélation suivie d'une phase de sublimation sous l'effet du vide, en diminuant la pression. La vapeur d'eau est récupérée et lorsque toute la glace est sublimée, on sèche l'aliment à froid puis on peut sortir le produit de l'appareil.

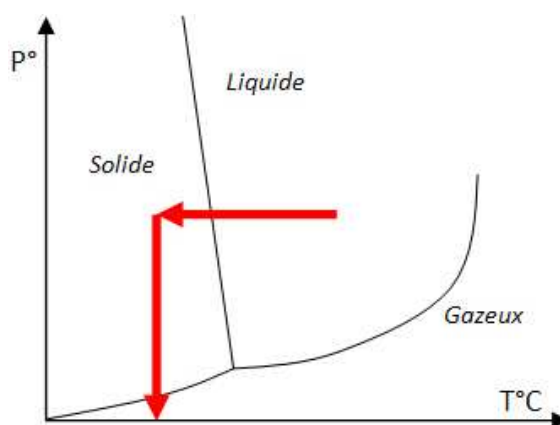


Figure 12 : Evolution de l'état physique en fonction de la pression et de la température (Le Hir A 2009)

La lyophilisation, au départ utilisée pour les cosmonautes (pas de réfrigérateur et poids limité) présente différents avantages, ce qui fait qu'aujourd'hui elle s'est répandue dans le milieu de la voile ainsi que dans d'autres sports extrêmes (trekking, alpinisme...)

- l'aliment garde sa structure et sa saveur, contrairement à la dessiccation seule qui est beaucoup moins coûteuse mais où l'aliment change souvent de couleur, de texture et de saveur.

- L'aliment conserve une grande partie de ses qualités nutritionnelles (vitamines, bactéries lactiques) car la sublimation a lieu sous le point de congélation.
- La réfrigération du produit n'est pas nécessaire.
- Le poids des aliments est diminué, certains contiennent jusqu'à 90% d'eau, donc après lyophilisation le produit sera 10 fois plus léger qu'avant.
- La réhydratation est très rapide car la lyophilisation n'entraîne pas de diminution de volume appréciable, l'eau peut donc reprendre facilement sa place dans la structure moléculaire car les aliments lyophilisés ont une structure poreuse.
- Aucun développement bactérien n'est possible puisque l'aliment est privé de son eau.

Mais, cette méthode a également un inconvénient majeur : elle est très coûteuse. En effet, l'appareil est coûteux et le procédé nécessite énormément d'énergie, ce qui rajoute un coût supplémentaire au prix de l'appareil. Elle ne peut donc pas être généralisée aux produits courants. Du fait de la consommation importante d'énergie, traiter des aliments en gros morceaux entraîne une dépense importante, rendant le produit fini extrêmement coûteux, la lyophilisation est donc limitée aux aliments petits fragments.

1.1 La gamme "MX3 aventure" de TITOK (23, 24,25)

Christophe Landais est le créateur de l'entreprise Titok (34). Cette dernière, spécialisée dans la nourriture lyophilisée a été sollicitée lors du Vendée-Globe 2004, pour réaliser des recettes pour Raphael Dinelli, donnant naissance en avril 2006, à la gamme "Mx3 aventure", composée d'une trentaine de recettes équilibrées et pratiques (entrée, plat, dessert). Ces préparations se présentent sous la forme d'un sachet qu'on ouvre, on verse l'eau à l'intérieur jusqu'à la graduation du sachet tout en mélangeant jusque dans les angles, on ferme le zip et on attend une dizaine de minutes, puis, le plat est prêt à être mangé directement dans le sachet (Figure 13).

Mode de Préparation :

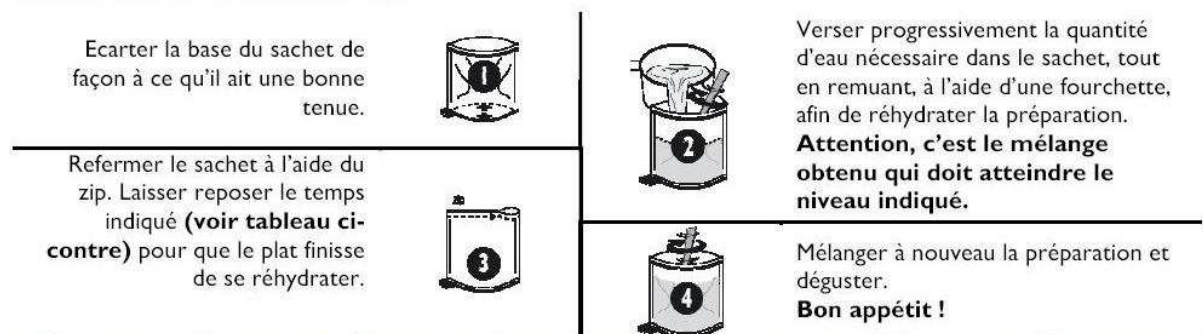


Figure 13 : Réhydratation des plats lyophilisés MX3 aventure [www.mx3.fr]

Ces préparations se conservent à température ambiante mais à l'abri de la chaleur et de l'humidité, et doivent être consommées dans les 24 mois après fabrication.

Lors du Vendée Globe 2008, Titok a été le partenaire alimentaire principal de 6 skippers (Arnaud Boissière, Samantha Davies, Dominique Wavre, Kito de Pavant, Vincent Riou et Yann Bestaven) mais d'autres ont également embarqué certains produits de la marque "Mx3aventure". De vrais programmes nutritionnels ont été développés dans ce cadre. En effet, pour cette course, des kits alimentaires journaliers de 24h ont été préparés, adaptés aux différentes zones de navigation et à leur dépense énergétique personnelle, afin de répondre au mieux à leur besoins.

Grace à l'outil informatique, créé par Mx3 aventure (Tableau X), il est facile de composer un pack nutrition pour 24h. Selon l'objectif calorique à atteindre, il suffit de sélectionner les aliments dans les différentes catégories selon les goûts personnels de chaque skipper. Le nombre total de calories est calculé ainsi que le ratio protéines/lipides/glucides.

PACK 4000Kcal MX3 AVENTURE						poids Brut du Pack (kg)	EAU à prévoir (L)	Total EAU Assimilée (L)	Apport Kcal Total	Protéines	Lipides	Glucides	Tarif du Pack			
MEMO	APPORT/JOUR (selon composition du pack)					1,26	3,9	3,9	3924	15%	22%	63%	50,90 €			
	OBJECTIF APPORT JOURNALIER							4,0	4000	15%	20-30%	55-65%				
	Colonne QTE					Case Objectif Kcal										
CODE	DESIGNATION	Saveur	CDT	Poids Net (g)	QTE	poids Brut (g)	Poids net (g)	eau (ml)	kcal	Protéines	Lipides	Glucides	TARIF			
PETITS DEJEUNERS					Saveur			sous total	107	90	150	330	7	4	68	4,20 €
MUESLI DESHYDRATES SOUS VIDE																
MXAD091	Muesli Café		Sachet ss vide	90	1	107	90	150	330	7	4	68	4,20 €			
COLLATIONS								sous total	392	318	378	1192	16	21	238	13,20 €
CREME COMPOTE ET DESSERT DESHYDRATES SOUS VIDE																
MXAD011	Crème Saveur Chocolat		Sachet ss vide	75	1	92	75	150	321	6	8	57	3,80 €			
MXAD061	Compote Pomme-Framboise		Sachet ss vide	40	2	114	80	200	304	1	1	73	5,90 €			
28472	Fruits Secs	Raisins	Sachet	50	1	56	50	15	125	1	0	32	1,00 €			
276790	Fruits Secs	Abricots	Sachet	50	1	56	50	13	152	3	0	35	1,00 €			
369694	Barres de Céréales	Noisette	Sachet	21	1	24	21		100	1	4	14	0,60 €			
barcll	Barres de céréales		Sachet	21	2	50	42		190	4	7	27	0,90 €			
ENTREES								sous total	146	112	425	411	14	4	79	7,20 €
ENTREES DESHYDRATEES SOUS VIDE																
MXAE011	Velouté de Légumes		Sachet ss vide	27	1	44	27	300	101	3	2	19	2,90 €			
MXAE031	Salade de Taboulé		Sachet ss vide	85	1	102	85	125	310	12	3	60	4,30 €			
PLATS COMPLETS								sous total	451	400	750	1635	87	40	232	17,70 €
PLATS DESHYDRATES SOUS VIDE																
MXAP081	Poisson à la Provençale & Riz		Sachet ss vide	150	1	167	150	250	627	27	23	77	5,90 €			
MXAP091	Poulet & Pâtes aux Champignons		Sachet ss vide	125	2	284	250	500	1008	60	17	155	11,80 €			
BOISSONS								sous total		2122					- €	
qté de liquide à boire =		2122														
EAU PURE A PREVOIR EN COMPLEMENT								2122							- €	
COMPLEMENTS								sous total	68	57	100	357	21	28	5	8,60 €
MXMR012	MixRecup Dose Protéinée	Neutre	Sachet Dose	12	2	34	24	100	91	20	1	1	5,00 €			
add.mg.00	Matière Grasse Végétale En Poudre dose		Sachet Dose	12	2	34	24		190	1	19	4	3,60 €			
add.mg.20	Huile Végétale liquide non inclus dans pack	1 cuillère à soupe	Bouteille	9	1		9		77		9					

Tableau XXI : Exemple de Pack MX3 4000kcal [www.mx3.fr]

Pour cela il faut remplir la case rouge de l'objectif (en kcal) à atteindre, puis compléter les cases grisées avec les quantités souhaitées de chaque aliment. A chaque ajout le tableau se met automatiquement à jour et calcule :

- le poids brut du pack,
- la quantité d'eau à prévoir (elle comprend l'eau contenue dans les plats, celle à ajouter au plat ainsi que l'eau pure à boire en complément pour une utilisation optimale des nutriments et la lutte contre la déshydratation),
- Le nombre total de calories,
- le ratio protéines/lipides/glucides,
- le prix du pack.

Pour une commande de plusieurs jours, il suffit de répéter cette opération autant de fois que le nombre de jours souhaités.

Des exemples en fonction de l'objectif calorique à atteindre, laissant le choix entre plusieurs produits dans chaque catégorie, sont proposés à droite du document (Tableau XI) afin d'aider les skippers dans la réalisation de leurs packs.

TABLEAU RECAPITULATIF PACK 4000Kcal													EXEMPLES			
MEMO	APPORT/JOUR (selon composition du pack)				1,27	4,0	4,0	4021	13%	21%	66%	Tarif du Pack	PACK 1	PACK 2	PACK 3	
	OBJECTIF APPOINT JOURNALIER				4,0	4000	15%	20-30%	55-65%	49,35 €	4000 kcal	4500 kcal	Crise 4500 kcal			
	Colonne QTE à compléter				Case Objectif Kcal modifiable											
CODE	DESIGNATION	Saveur	CDT	Poids Net (g)	QTE	Poids Brut (g)	Poids net (g)	EAU (ml)	kcal	Protéines	Lipides	Glucides	TARIF	Au choix	Au choix	Au choix
PETITS DEJEUNERS																
PETIT DEJEUNER DE L'EFFORT DESHYDRATE																
MXAD012	MaxCream Dose 120g	Banane	Sachet ex vide	120												
MXAD023	MaxCream Dose 120g	Café	Sachet ex vide	120												
MXAD033	MaxCream Dose 120g	Chocolat	Sachet ex vide	120												
MUESLI DESHYDRATES SOUS VIDE																
MXAD081	Muesli Chocolat		Sachet ex vide	115												
MXAD091	Muesli Café		Sachet ex vide	90	1	107	90	150	330	7	4	68	4,20 €			
COLLATIONS																
DESSERT DESHYDRATES SOUS VIDE																
MXAD011	Crème Saveur Chocolat		Sachet ex vide	75	1	92	75	150	321	6	8	57	3,80 €			
MXAD021	Crème Saveur Vanille		Sachet ex vide	75												
MXAD031	Compote de Pomme		Sachet ex vide	40												
MXAD041	Compote Pomme - Vanille		Sachet ex vide	40												
MXAD051	Compote Pomme-Banane		Sachet ex vide	40	1	57	40	100	153	1	0	37	2,95 €			
MXAD061	Compote Pomme-Framboise		Sachet ex vide	40												
MXAD071	Compote Pomme - Abricot		Sachet ex vide	40												
MXAD081	Muesli Chocolat		Sachet ex vide	115												
MXAD091	Muesli Café		Sachet ex vide	90												
MXAD101	Gâteau de Semoule au Cacao		Sachet ex vide	50												
GATEAUX ET FRUITS SECS																
28472	Fruits Sees	Raisins	Sachet	50	1	56	50	15	125	1	0	32	1,00 €			
276790	Fruits Sees	Abricots	Sachet	50												
269694	Barres de Céréales	Noisette	Sachet	21												
431349	Brownies		Sachet	40												
449610	Barres de céréales		Sachet	21	2	50	42		190	4	7	27	0,90 €			
REPAS LIQUIDE ENERGETIQUE DESHYDRATE																
MXAD012	MaxLong Dose 120g - 800ml	Banane	Sachet Dose	120												
MXAD022	MaxLong Dose 120g - 800ml	Vanille	Sachet Dose	120												
MXAD032	MaxLong Dose 120g - 800ml	Praliné	Sachet Dose	120												
MXAD042	MaxLong Dose 120g - 800ml	Chocolat	Sachet Dose	120	1	127	120	800	450	16	5	84	4,50 €			

Tableau XXII : Outil Excel de composition d'un pack journalier MX3 [www.mx3.fr]

Par exemple pour un pack de 4000Kcal/jour, pour le petit déjeuner, le skipper doit prendre :

- une crème banane, chocolat ou café,
- du muesli chocolat ou café,

Ensuite pour les collations à répartir sur la journée il doit prendre

- une crème chocolat ou vanille,
- une compote de pomme, pomme vanille, pomme banane, pomme framboise ou pomme abricot,

- des abricots secs ou des raisins secs,
- des barres de céréales aux noisettes ou des brownies,

Le principe est le même pour les autres repas.

Mx3 aventure met également à disposition des skippers des doses protéinées au goût neutre, des doses de matières grasses végétales et d'huile végétale. Ces compléments seront rajoutés à l'entrée ou au plat afin de réussir à atteindre le ratio protides/glucide/lipides.

Pour un pack de 24h à environ 4000kcal, le poids total en embarquant des produits lyophilisés est de 1,26 kg. Si la même nourriture avait été embarquée avec les mêmes produits frais, le poids total aurait été bien supérieur et la conservation, bien plus difficile. Chaque pack de 24h est ensuite reconditionné dans un sac étanche.

PACK 5000Kcal MX3 AVENTURE						poids Brut du Pack (kg)	EAU à prévoir (L)	Total EAU Assimilée (L)	Apport Kcal Total	Protéines	Lipides	Glucides	Tarif du Pack
MEMO	APPORT/JOUR (selon composition du pack)					1,62	4,9	5,0	4998	14%	20%	66%	64,00 €
										173	113	828	
	OBJECTIF APPORT JOURNALIER							5,0	5000	15%	20-30%	55-65%	
Colonne QTE										Case Objectif Kcal			
CODE	DESIGNATION	Saveur	CDT	Poids Net (g)	QTE	poids Brut (g)	Poids net (g)	eau (ml)	kcal	Protéines	Lipides	Glucides	TARIF
PETITS DEJEUNERS													
	Saveur				sous total	214	180	300	661	14	7	135	8,40 €
	MUESLI DESHYDRATES SOUS VIDE												
MXAD091	Muesli Café		Sachet ss vide	90	2	214	180	300	661	14	7	135	8,40 €
COLLATIONS													
	CREME COMPOTE ET DESSERT DESHYDRATES SOUS VIDE				sous total	620	514	555	1889	27	33	376	19,60 €
MXAD011	Crème Saveur Chocolat		Sachet ss vide	75	2	184	150	300	642	12	15	114	7,60 €
MXAD061	Compote Pomme-Framboise		Sachet ss vide	40	2	114	80	200	304	1	1	73	5,90 €
28472	Fruits Secs	Raisins	Sachet	50	2	112	100	30	250	3	0	65	2,00 €
276790	Fruits Secs	Abricots	Sachet	50	2	112	100	25	304	5	1	70	2,00 €
369694	Barres de Céréales	Noisette	Sachet	21	2	48	42		200	3	9	27	1,20 €
barld1	Barres de céréales		Sachet	21	2	50	42		190	4	7	27	0,90 €
ENTREES													
	ENTREES DESHYDRATEES SOUS VIDE				sous total	146	112	425	411	14	4	79	7,20 €
MXAE011	Velouté de Légumes		Sachet ss vide	27	1	44	27	300	101	3	2	19	2,90 €
MXAE031	Salade de Taboulé		Sachet ss vide	85	1	102	85	125	310	12	3	60	4,30 €
PLATS COMPLETS													
	PLATS DESHYDRATES SOUS VIDE				sous total	451	400	750	1635	87	40	232	17,70 €
MXAP081	Poisson à la Provençale & Riz		Sachet ss vide	150	1	167	150	250	627	27	23	77	5,90 €
MXAP091	Poulet & Pâtes aux Champignons		Sachet ss vide	125	2	284	250	500	1008	60	17	155	11,80 €
BOISSONS													
					sous total			2818					- €
qté de liquide à boire =		2818											
EAU PURE A PREVOIR EN COMPLEMENT								2818					- €
COMPLEMENTS													
					sous total	85	69	150	402	31	28	6	11,10 €
MXMR012	MixRecup Dose Protéinée	Neutre	Sachet Dose	12	3	51	36	150	136	30	1	2	7,50 €
addmg00	Matière Grasse Végétale En Poudre dose		Sachet Dose	12	2	34	24		190	1	19	4	3,60 €
addmg20	Huile Végétale liquide non inclus dans pack	1 cuillère à soupe	Bouteille	9	1		9		77		9		

Tableau XXIII : Exemple de Pack MX3 5000kcal utilisable en zone polaire [www.mx3.fr]

Le prix moyen pour un pack 24h de 4000Kcal est environ 50 euros et le prix moyen pour un pack 24h de 5000Kcal est d'environ 64 euros.

Les skippers passent en moyenne 65 jours en zones tempérée et tropicale avec une dépense énergétique moyenne de 4000 Kcal et 25 jours en zone polaire avec une dépense moyenne de 5000 Kcal. S'ils utilisaient uniquement des produits lyophilisés de cette marque le budget pour une course s'élèverait à environ 4850 euros.

Pour VDH qui embarque 50% de produits lyophilisés cela représente un budget de 2225euro.

La composition des plats Mx3 aventure a été étudiée de façon à répondre au mieux aux besoins énergétiques des skippers. Ils sont composés :

- de glucides : principale source d'énergie, disponible rapidement et qui seront utilisés pendant la première heure d'effort,
- puis les lipides prendront le relais, après épuisement des réserves glucidiques, d'où la nécessité de ne pas les négliger.

Ces deux nutriments sont comme nous l'avons vu précédemment dans le chapitre abordant l'utilisation des nutriments chez le sportif, essentiels à leur nutrition (les protéines n'intervenant qu'après l'effort dans la réparation des tissus)

La majorité des produits sont réhydratables à froid, ils sont particulièrement adaptés dans les zones où les conditions sont mauvaises, lorsque le skipper n'a pas possibilité de faire chauffer de l'eau, ou lors d'une panne de production d'énergie. Pour réhydrater à froid ces produits, il suffit d'augmenter le temps de réhydratation recommandé pour une utilisation avec de l'eau bouillante.

Depuis les premières recettes créées pour Raphael Dineli, et qui avaient été créées dans l'urgence par l'entreprise Titok, un gros travail sur le goût et la qualité du produit a été fait, mais de nouvelles innovations, pour l'instant confidentielles (recettes avec présence de morceaux), sont en cours afin de faciliter encore plus la vie des skippers et de leur apporter une alimentation de qualité et variée. Et ce grâce à toute une équipe, constituée d'ingénieur agronomes, de diététiciens et de conseillers culinaires.

Pour Christophe Landais, à la tête de l'entreprise Titok depuis 1996, "le Vendée Globe, c'est pour nous une reconnaissance de notre travail auprès des skippers professionnels"

1.2 La Sodeb'O

La Sodeb'O est partenaire de la course au large depuis 10 ans, mais également une entreprise innovante dans le domaine de l'agroalimentaire. Pour ces raisons, le laboratoire R&D de cette entreprise s'est penché sur l'alimentation des marins, grâce à sa collaboration avec Thomas Coville, pour qui, la nourriture devenait un problème omniprésent (35). Lors des courses, avec le stress, il a du mal à manger et à mâcher suffisamment. De plus la nourriture n'étant pas très bonne, il perdait progressivement le plaisir de manger et pouvait perdre jusqu'à 10 kilos en un tour du monde. Après avoir parlé de ses problèmes de nutrition en mer à son sponsor, quatre cuisiniers du laboratoire Sodeb'O ont fait des recherches pendant un an après s'être accordé sur les aliments qui constitueraient la base des repas de Thomas Coville. L'objectif était de trouver des produits spécifiques, les plus adaptés possibles au monde de la voile, alliant plaisir, nutrition et conservation sans oublier les contraintes de rangement à bord du bateau. Les produits ont été conditionnés sous emballage plastique longue conservation afin d'optimiser le gain de place. Pour les dosages, ils ont été établis en fonction des calories brûlées par le skipper selon les différentes conditions météo. Au final, différents assortiments lui ont été proposés lors de sa tentative de record autour du monde. Puis les recettes ont été améliorées par petites touches.

La Sodeb'O a donc proposé des plats lyophilisés ainsi que des petits pains maison : pain de campagne, Pain muesli longue conservation (figure 14), aux skippers prenant le départ du Vendée Globe 2008.



Figure 14 : Pains longue conservation Sodeb'O "maison"

Ces produits ont convaincu dix-sept skippers, qui ont décidé de les embarquer lors du Vendée Globe 2008. Par exemple : Loïc Peyron, Marc Thiercelin, Mike Golding, Roland Jourdain, Sébastien Josse.

A ce jour, 4 plats ont été élaborés par le laboratoire de la Sodeb'O (Figure 15):

- Purée de carotte/ Bœuf,
- Purée de pomme de terre/ Jambon/ Comté,
- Risotto Jambon/ Légumes,
- Risotto Poulet/ Champignon.



Figure 15 : Plats lyophilisés Sodeb'O

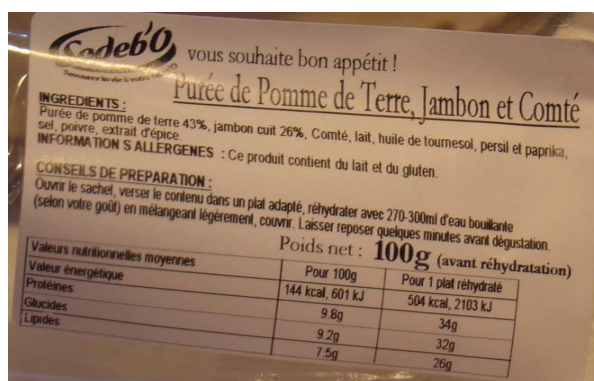


Figure 16 : Composition de la purée pomme de terre, jambon et comté lyophilisée Sodeb'O



Figure 17 : Composition du risotto poulet champignon lyophilisée Sodeb'O



Figure 18 : Composition de la purée de carotte Bœuf lyophilisée Sodeb'O

	Protéines	Glucides	Lipides	Valeur énergétique du plat réhydraté
Purée de pomme de terre jambon et comté	34g = 136 Kcal	32g = 128 Kcal	26g = 234 Kcal	504 Kcal
	27%	26%	47%	
Risotto poulet champignons	22,2g = 88,8 Kcal	51,6g = 206,4 Kcal	11,6g = 104,4 Kcal	402Kcal
	22%	52%	26%	
Purée carotte bœuf	32g = 128 Kcal	32g = 128 Kcal	21g = 189 Kcal	441Kcal
	29%	29%	42%	

Tableau XXIV : Tableau récapitulatif de la composition des plats lyophilisés Sodeb'O

[www.sodebo.fr]

On remarque que pour les différents plats proposés, le ratio de glucides est inférieur aux apports conseillés dans le cadre de la nutrition des skippers (60 à 65% de l'apport énergétique total). Les ratios de protéines et de lipides quant à eux sont trop importants (15% de protéines et 20 à 25% de lipides de l'apport énergétique total).

Ces plats sont adaptés à la nutrition des skippers car l'encombrement est faible et ils sont pratiques à préparer mais ils doivent être complétés par des glucides lents afin d'être intégrés dans le cadre d'une alimentation équilibrée. En effet, ces plats n'atteignent ni qualitativement, ni quantitativement les recommandations alimentaires faites aux skippers. Ils ont été préparés en tant que plat principal d'un repas comprenant une entrée et un dessert. Ces repas s'intègrent également dans une journée comprenant une ou plusieurs collations. Les entrées, desserts et collations, riches en glucides, permettent d'atteindre le ratio qualitatif et quantitatif recommandé.

Ces différents exemples nous permettent de prendre conscience de l'évolution en matière de nutrition pour les skippers. Alors qu'il y a une quinzaine d'années les produits spécifiques pour les skippers étaient peu nombreux, aujourd'hui, les grands groupes alimentaires, en association avec les équipes médicales, mettent leurs connaissances au service des skippers afin d'élaborer de nouveaux produits, les plus adaptés et pratiques possible. Un point reste malgré tout à améliorer, il s'agit de la qualité gustative de certains aliments qui est altérée par les procédés de lyophilisation.

Conclusion

La nutrition dans le monde de la voile prend aujourd'hui une place importante et est devenu un élément essentiel de la performance. De plus en plus de skippers en prennent conscience, faisant évoluer leurs habitudes afin d'être toujours plus efficaces.

Des études ont été faites au niveau de l'alimentation chez les skippers montrant l'importance de celle-ci. On a pu voir l'évolution ces 20 dernières années des programmes nutritionnels et des produits embarqués, au travers des expériences des plus grands skippers. L'alimentation à bord est passée d'une improvisation totale à une préparation encadrée et programmée. Si l'essentiel a été fait sur les aspects d'équilibre des besoins dans les différentes phases de ces courses à la voile, beaucoup reste à faire sur les produits pour permettre de répondre à ces besoins.

Un point capital au niveau alimentaire, propre au rythme du Vendée Globe, et, qui est parfois négligé, reste celui des contraintes climatiques des zones traversées car la dépense calorique peut être très variable en fonction des conditions météo (allant de 3000 jusqu'à 5000 Kcal/jour).

Atteindre la ration alimentaire nécessaire dans les zones où la dépense calorique est très importante reste un problème pour certains skippers. Cet axe de recherche sera probablement étudié dans le futur afin de proposer des solutions.

La recherche de la performance implique aussi de réduire toujours plus le poids total des aliments embarqués. Ceci a été possible grâce à l'alimentation lyophilisée qui permet de réduire considérablement le poids par rapport aux conserves.

Cependant, beaucoup de skippers se plaignent de la qualité gustative assez médiocre de certains plats lyophilisés ainsi que de la faible variété possible. Les groupes agroalimentaires ont fait des recherches aboutissant à des progrès non négligeables à ce niveau et continueront à progresser.

Une des évolutions importante de ces courses outre les modifications techniques des bateaux, c'est la prise en compte de l'alimentation du skipper afin qu'elle s'intègre dans un contexte

global de gestion du marin, du bateau et de la météo, afin d'assurer la meilleure performance possible.

Bibliographie

1. **Lefrancq E & Roudault H.** Alimentation théorique. s.l. : Editions Doin, 07/2005, p.62, 64-67, 238.
2. **Boisseau N.** Nutrition et bioénergétique du sportif: bases fondamentales. s.l. : Masson, 2005, p.77, 83.
3. **McArdlee et al.** Nutrition et performances sportives. s.l. : Edition Boeck, 2004, p.44-45,104-105, 59, 239.
4. **Bigard X & Guézennec C.** Nutrition du sportif. s.l. : Edition Masson, 2007, p.45, 96, 112.
5. **Riche D.** Guide nutritionnel des sports d'endurance. s.l. : Vigot, 1995, p.3, 6-7, 22-25.
6. **Poortmans J & Boisseau N.** Biochimie des activités physiques et sportives. s.l. : Boeck, 2009, p.138-142.
7. **Jacotot B.** Nutrition humaine. s.l. : Mansson, 2003, p.149.
8. **Vaast C.** Les fondamentaux du cyclisme: Programmer et gérer son entraînement. s.l. : Amphora, 2008, p.52.
9. **Guezennec C.** *La nutrition pour la pratique des sports extrêmes.* Juin 2001. p.47-50.
10. **Oliviéri M-P & Cascua S.** Menus et recettes pour le sportif. s.l. : Edition Amphora, 2006, p.44.
11. **Brunet-Guedj E.** Médecine du sport. s.l. : Edition Masson, 2006, p.346.
12. **Rousseau V & Cascua S.** Alimentation du sportif: de la santé à la performance. s.l. : Edition Amphora, 2005, p.30.
13. **Monod H & Rochcongar P.** Médecine du sport. s.l. : Masson, 2009, p.131-132.
14. **Peletier S.** Conseils nutritionnels en voile: Nutrition et micronutrition au quotidien. [En ligne] [Citation : 7 Aout 2011.] <http://www.sport-essentiel.com/>.

15. **Chauves J-Y.** Kito de Pavant - Le "Programme Bel Sport & Nutrition" continue sur la solitaire Afflelou Le Figaro 2006. [En ligne] [Citation : 5 Octobre 2009.] <http://www.sailingregate.fr>.
16. **Lafaye V.** Nouveau partenariat avec Damien Seguin, skipper de voiliers et sportif de haut niveau. [En ligne] [Citation : 7 Aout 2011.] <http://food-development.fr/>.
17. **Le Reun R & al.** *Défi Mousquetaires Thomas Rouxel: Saison Solo Figaro*. 2007. Dossier de Presse.
18. **Ministère délégué à la santé.** Le PNNS c'est quoi ? [En ligne] [Citation : 7 Aout 2011.] <http://www.mangerbouger.fr/>.
19. **Auffret V.** Le programme de suivi nutritionnel de Thomas Rouxel. [En ligne] [Citation : 8 Octobre 2008.] <http://www.defimousquetaires.com/>.
20. **Chauves J-Y.** Kito de Pavant - Premières conclusions du "Programme Bel Sport & Nutrition" sur la solitaire Afflelou Le Figaro 2006. [En ligne] [Citation : 5 Octobre 2009.] <http://www.Sailingregate.fr/>.
21. **Dumas C & al.** Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations. s.l. : p.184-187, 2007.
22. **Costill H & al.** Physiologie du sport et de l'exercice. s.l. : Boeck édition, 2006, p.575.
23. **Portier H & al.** Effects of branched-chain amino acids supplementation on physiological and psychological performance during an offshore sailing race. *European journal of applied physiology*. 2008, n°104, p.787-794.
24. **Riché D.** Micronutrition, santé et performance. s.l. : Boeck edition, 2008, p.154, 300-3001.
25. **Aubineau N.** Regime dissocié scandinave - RDS. [En ligne] [Citation : 21 Aout 2011.] <http://www.sport-essentiel.com/>.
26. **Anonyme.** Régime dissocié modifié de J-6 à J-4 avant une compétition - RDM. [En ligne] [Citation : 21 Aout 2011.] <http://www.sport-essentiel.com/>.

27. **Cerretelli P.** Traité de physiologie de l'exercice et du sport. s.l. : Edition Masson, 2002, p.174-177.
28. **Guezennec C.** Alimentation, sommeil et vigilance. *Objectif nutrition* n°33. Mai 1997.
29. **Bigard A & al.** Nutrient intake of elite sailors during a solitary long range offshore race. *International Journal of sport Nutrition*. 1998, Vol. n°364, p.4-8.
30. **J, Blanc.** Diététique : que manger pour être performant ? s.l. : Amphora, 2007. p.207.
31. *Energy balance in soldiers on infantry assignments under cold weather conditions.* **Burstein R & al.** 1995, Revue internationale des services de santé des forces armées n°68, p.193-200.
32. *Préparation nutritionnelle d'un skipper à une course autour du monde en solitaire.* **Kuchly-Anton & Prive M.** 1995, Science et sport, p.49-50.
33. **Le Hir A.** Abrégé de galénique. s.l. : Edition Masson, 2009, p.174-176.
34. *Les kits alimentaires de Titok sur le Vendée Globe.* **Ouest-France.** 11-12 octobre 2008, Ouest-France.
35. **Champs médiats.** Des bons petits plats pour les solitaires. [En ligne] 29 Aout 2008. www.adonnante.com.
36. **Sans P.** Consommation de protéines: quelle place pour la viande bovine. Toulouse : s.n., 2001, p.3.
37. **Slama G.** Prise en charge du diabète de type 2. s.l. : Edition John Libbey Eurotext, 2000, p.92.
38. **Favier JC & al.** Répertoire général des aliments : table de composition. Paris : Edition Technique & documentation, 1995.
39. **Schlienger J-L.** Nutrition clinique pratique. s.l. : Edition Elsevier Masson, 2011, p.46.
40. **Medart J.** L'alimentation préventive et curative. s.l. : Edition Boeck supérieur, 2009, p.123.
41. *140 jours en mer sans escale.* **Prigent S.** 1990, Information diététique, p.15-17.

42. *Vendée Globe - Les petits plats de Sodeb'O pour les skippers*. **Yquel N.** 5 septembre 2008, Ouest-France.
43. **Chauves J-Y.** Nutrition en mer - Manger et boire. [En ligne] 12-13 Mars 2004. [Citation : 1 Septembre 2011.] www.stw.fr.
44. **J-Y, Chauves.** Pignon sur le grand large. [En ligne] 4 Avril 2006. [Citation : 1 Septembre 2001.] www.sailingregate.fr.
45. **J-Y, Chauves.** Courir au large. [En ligne] [Citation : 1 Septembre 2011.] www.nousentreprenons.com.
46. **J-Y, Chauves.** Nutrition et course au large. [En ligne] [Citation : 1 Septembre 2011.] www.seeten.univ-littoral.fr.
47. **J-Y, Chauves.** Lutter contre le froid à bord. [En ligne] 26 Décembre 2004. [Citation : 1 Septembre 2011.] www.stw.fr.
48. **J-Y, Chauves.** Une transat au régime sec pour les trois premiers. [Citation : 16 avril 2007] www.stw.fr.
49. **M, Vidailhet.** Apports nutritionnels conseillés pour les enfants et adolescents sportifs de haut niveau de performance. s.l. : Edition Lavoisier, 2004.
50. **Monot H & al.** Médecine du sport. s.l. : Masson p.135, 2009.

Nom – Prénoms : GABORIAU – Charlotte, Nadine, Sylvie

Titre de la thèse : Diététique en Voile : Application à la nutrition des skippers lors d'une course autour du monde en solitaire : Le Vendée Globe

Résumé de la thèse :

La nutrition est indissociable de la performance chez les sportifs de haut niveau. Dans le domaine de la voile plus particulièrement, il est nécessaire pour les skippers d'avoir une alimentation équilibrée et adaptée au sportif en général, tout en s'adaptant aux contraintes dues à ce sport (météorologiques, faible encombrement et conservation). Lors de courses de longue durée (par exemple le Vendée Globe), la prise en compte des aspects nutritionnels est devenue incontournable et peut être un facteur de réussite. Les équipes médicales en collaboration avec les skippers et les groupes agroalimentaires, ont mené différentes études afin d'élaborer des plans de prise en charge alimentaire adaptés.

Plusieurs grands groupes agroalimentaires se sont penchés sur la question des produits lyophilisés pour les skippers proposant de plus en plus de produits et de programmes nutritionnels innovants afin de varier et équilibrer les repas, en particulier lors de courses durant plusieurs mois, afin d'éviter la lassitude, mais aussi et surtout maintenir les performances.

Les produits frais peuvent être utilisés en début de course mais se conservent très mal. Les conserves n'ont pas ce souci mais possèdent un gros inconvénient, leur poids. Les plats lyophilisés peuvent être une bonne réponse aux contraintes de ce sport puisqu'ils ne nécessitent pas de moyen de conservation particulière, prennent peu de place et se préparent facilement et rapidement. Outre le coût, le problème de la qualité gustative de ces produits reste un point négatif. Des recherches à ce niveau sont en cours afin d'améliorer ce point

MOTS CLES : NUTRITION, VOILE, SPORT, DIETETIQUE

JURY

PRESIDENT : M. Jean-Marie BARD, Professeur de Biochimie, Faculté de Pharmacie de Nantes

ASSESEURS : M. Christophe OLIVIER, Maître de Conférences de Toxicologie, Faculté de Pharmacie de Nantes
M. Alain PINEAU, Professeur de Toxicologie
Faculté de Pharmacie de Nantes
M. Denis MILLET, Docteur en pharmacie
98 route de Clisson, 44200 Nantes
